# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 6 AOUT 1923.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Comparaison de la composition chimique de deux laves d'Islande, caractérisant des éruptions dont le mode de dynamisme est différent.* Note de M. **A. Lacroix**.

Dans une Note (¹) consacrée à la dernière éruption du volcan de la Katla, dans l'Islande méridionale, j'ai fait remarquer combien intéressante serait la comparaison de la composition chimique de la lave rejetée par ce paroxysme exclusivement explosif et de celle de la grande éruption de 1783 dont les longues fissures (Eldgja et Laki) sont voisines du glacier de Mýrdalsjökull, siège de l'éruption de 1918.

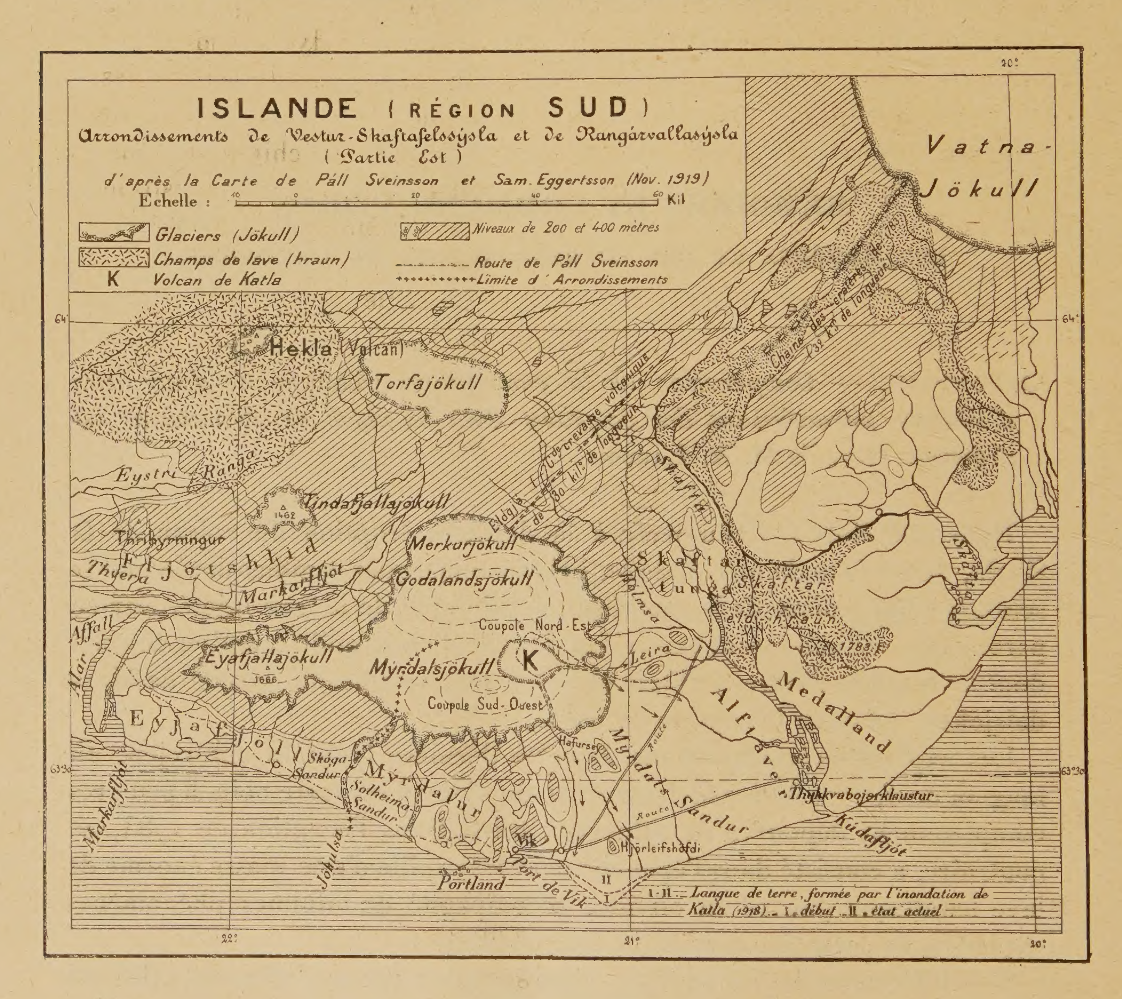
Les explosions vulcaniennes de cette dernière éruption ont rejeté du magma neuf, sous forme de fragments anguleux d'un verre noir, à peu près complètement dépourvu de minéraux cristallisés; l'éruption de 1783, au contraire, a consisté dans l'épanchement tranquille d'une masse énorme de lave basaltique pauvre en olivine, accompagné de minimes phénomènes explosifs, de caractère sans doute strombolien.

Ces différences de dynamisme, aussi grandes que possible, ont-elles été déterminées par des différences de composition chimique du magma fondu qui les a alimentées? L'étude d'échantillons récoltés à Skaptareldhraun, dans les champs de lave de 1783, permet de répondre à cette question.

---

(¹) A. Lacroix, *L'éruption de la Katla (Islande) en* 1918 (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 861).

Dans le Tableau donné plus loin, se trouvent, en $a$ et en $b$, les analyses de la lave des deux éruptions. Elles montrent, avec une différence qui sera indiquée plus loin, la même caractéristique que présentent les laves de l'Islande et d'une façon plus générale toutes celles de la grande région arctique, c'est-à-dire une haute teneur en fer et en titane.




Dans une discussion récente, M. H. S. Washington a montré (¹) que cette propriété est partagée non seulement par les basaltes arctiques, mais par ceux de l'Orégon, du Deccan, et il y voit une caractéristique des érup-

(¹) H. S. Washington, *Deccan Traps and other Plateau Basalts* (*Bull. geol. Soc. of America*, t. 33, 1922, p. 765).

tions fissurales dont le dynamisme serait une conséquence de la grande fluidité du magma, dépendant elle-même de la haute teneur en fer.

Sans nier l'importance de cette relation, il me semble que la considération des différences des phénomènes des éruptions de 1783 et de 1918 et de la similitude des laves qu'elles ont produites apporte une confirmation à la thèse que, depuis de longues années ([1]), j'ai cherché à préciser, à savoir que la condition primordiale qui régit le mode de dynamisme d'une éruption est non seulement la composition du magma, mais surtout les conditions physiques qui régissent sa venue au jour. Un même volcan dont le magma ne présente pas de variations de composition chimique, dans la série des temps, tout en *pouvant* ([2]) être prédisposé par cette composition à une modalité dynamique déterminée plutôt qu'à une autre, peut présenter les types d'éruption les plus extrêmes.

En 1783, l'éruption a été caractérisée par la sortie rapide à l'air libre, le long de fentes de plus de $30^{km}$, d'une quantité formidable de lave fondue (la plus grande peut-être qui, depuis la période historique, ait été produite par un volcan) qui, grâce à une situation topographique convenable, a pu s'étaler sans être arrêtée par un brusque refroidissement. En 1918, au contraire, la lave de la Katla n'est pas sortie à l'air libre, elle est venu se heurter à l'énorme calotte de glace du Mýrdalsjökull, sous laquelle se trouve son orifice d'arrivée, de telle sorte qu'elle s'est refroidie rapidement, mettant ainsi obstacle à la libération tranquille de ses gaz magmatiques, subissant en outre l'action de l'eau superficielle due à la fusion de la glace. Les conditions sont donc devenues celles si fréquentes dans la venue au jour de magmas moins fusibles. La permanence de ces conditions, à travers les siècles, explique pourquoi les 14 éruptions signalées à la Katla depuis l'année 894 ont toutes présenté le même caractère; ce volcan *basaltique* a toujours été exclusivement *explosif*.

Ces conditions, dues à l'action d'un glacier, ne sont pas les seules qui peuvent agir pour déterminer une éruption explosive dans un volcan à lave très fusible; on peut en imaginer d'autres, telle par exemple la venue au jour très lente d'une quantité modérée de magma pouvant se refroidir notablement dans la cheminée du volcan avant son émission; c'est ce qui a dû se passer au Piton de la Fournaise, à la Réunion, en 1860, connu pour la fluidité avec laquelle ses laves sont généralement émises sans phénomènes explosifs

---

([1]) *La Montagne Pelée après son éruption*, 1908, p. 75.

([2]) L'exemple de la Katla montre qu'il ne s'agit pas d'une prédisposition nécessaire.

importants, de telle sorte que, malgré l'activité presque continue de ce volcan, j'ai pu, en 1911, constater sur son sommet l'existence, à la surface du sol, de blocs des explosions vulcaniennes datant de 1860, blocs qui semblaient avoir été rejetés la veille.

Quelques mots sont nécessaires maintenant au sujet d'une particularité chimique de la lave de 1783. Les quelques analyses qui ont été publiées des basaltes islandais montrent, à côté des analogies relevées plus haut, une dissemblance. Dans les uns, en effet, la silice est entièrement saturée (analyse *d*), alors que d'autres présentent une petite quantité de silice libre virtuelle, mais celle-ci dépasse rarement 5 pour 100. Dans la lave de 1783, cet excès atteint 10 pour 100, et comme il n'existe que 38 pour 100 de feldspaths virtuels, il en résulte qu'au point de vue chimico-minéralogique cette lave rentre en réalité dans le groupe des *dacites* dont elle représente une forme mésocrate, à facies basaltique; son équivalent de profondeur serait un gabbro *quartzique;* ceci est en contradiction avec l'idée généralement admise, et qui est inexacte, d'après quoi les roches basaltiques seraient nécessairement des roches basiques, par confusion de la notion de basicité avec celle de richesse en minéraux colorés. J'ai étudié récemment, avec quelques détails, ce type lithologique que j'ai proposé de désigner sous le nom de *sakalavite*, à cause de sa fréquence dans les régions occidentales de Madagascar [1].

En terminant, je donnerai la description d'une autre lave islandaise qui, elle, est un véritable basalte, et qui, bien que se trouvant dans toutes les collections lithologiques et présentant des particularités intéressantes, ne me paraît pas avoir été complètement décrite.

Il s'agit du basalte doléritique, à grain assez gros, d'Hafnejörd. Il possède une structure mi-ophitique, mi-intersertale; de nombreuses cavités miarolitiques sont tapissées par de petits cristaux nets d'un plagioclase que Forchammer a considéré jadis comme un minéral spécial qu'il a appelé hafnefjördite, mais que vom Rath a montré n'être qu'un labrador. Le calcul de l'analyse (du basalte) donnée plus loin indique pour la composition de son

---

[1] *Minéralogie de Madagascar*, t. 3, p. 15 et 39. J'ai exposé dans cet Ouvrage pourquoi je n'attribue pas d'importance primordiale au péridot dans la spécification du basalte parce que ce minéral n'est pas symptomatique et se forme aussi bien dans les magmas à silice libre que dans ceux à silice saturée : le criterium réside dans la teneur en minéraux colorés quels qu'ils soient.

feldspath moyen 44 pour 100 d'anorthite, mais cette valeur est plus élevée pour les grands cristaux de plagioclase, parce que dans leurs intervalles se trouve souvent un autre feldspath, non maclé, qui, en raison de la petite quantité de potasse décelée par l'analyse, ne peut être de l'orthose pure, mais est vraisemblablement un oligoclase potassique; son intérêt réside en ce qu'il est associé en microperthite avec du *quartz;* c'est donc là, dans une roche d'épanchement récente, une particularité comparable à celle qui se voit fréquemment dans les roches diabasiques filoniennes ou intrusives. Cette silice libre n'apparaît pas dans le calcul de l'analyse; sa production a été rendue possible par l'abondante cristallisation de l'olivine qui a laissé dans le résidu intersertal une certaine quantité de silice libre : parfois, celle-ci s'est traduite aussi sous une autre forme, sous celle de lames de tridymite, d'origine vraisemblablement pneumatolytique, qui accompagnent des cristaux drusiques, très nets, de fayalite.

Le basalte de Hafnefjörd se distingue des autres basaltes islandais par sa teneur en silice un peu plus faible, sa pauvreté en alumine et surtout sa grande richesse en magnésie; c'est un type presque mélanocrate, en dépit de sa couleur d'un gris clair, due à la grosseur de son grain.

*Analyses* (*a*, *b*, *c*, M. Raoult; *c* et *d*, M. Washington). — *a*. Cendre vitreuse, éruption de la Katla (1918).III.5.3(4).4.

*b*. Lave de 1783.III.4.(3)4.4.

*c*. Basalte près Naefurholt (lave récente de l'Hékla). II(III).(4)5.'3.4.

*d*. Basalte post-glaciaire, Allamannagja près Thingvellir. III.5.4.'5.

*e*. Basalte doléritique, Hafnefjörd. (III)IV.5.3.5.

| | *a*. | *b*. | *c*. | *d*. | *e*. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 47,68 | 49,56 | 53,39 | 47,67 | 45,10 |
| $Al^2O^3$ | 12,54 | 10,36 | 13,37 | 15,81 | 9,58 |
| $Fe^2O^3$ | 3,44 | 7,04 | 2,07 | 1,70 | 5,37 |
| FeO | 12,34 | 8,19 | 10,62 | 10,41 | 10,59 |
| MgO | 5,25 | 6,04 | 3,30 | 8,08 | 14,24 |
| CaO | 9,58 | 11,66 | 6,90 | 12,23 | 10,18 |
| $Na^2O$ | 2,43 | 1,86 | 3,84 | 1,98 | 2,31 |
| $K^2O$ | 0,88 | 0,63 | 1,19 | 0,27 | 0,19 |
| $TiO^2$ | 5,01 | 4,16 | 2,28 | 2,17 | 2,17 |
| $P^2O^5$ | 0,23 | 0,06 | 1,24 | 0,10 | 0,17 |
| $H^2O$ (+) | 0,44 | 0,29 | 1,37 | 0,21 | 0,49 |
| » (—) | 0,15 | 0,25 | 0,08 | 0,10 | » |
| | 99,97 | 100,10 | 99,85 (1) | 100,89 | 100,39 (2) |

(1) MnO 0,20.

(2) MnO 0,16.

BIBLIOGRAPHIE. — *Projet d'une nouvelle bibliographie des Sociétés savantes de la France.* Note (¹) de M. G. **Bigourdan.**

La production intellectuelle de la France se trouve en grande partie dans les publications de ses Sociétés savantes. Aussi chaque travailleur doit recourir fréquemment à ces publications, dont le nombre est considérable, et au milieu desquelles on ne se reconnaît qu'avec quelque difficulté. Tout ce qui peut aider à s'orienter dans cette masse de documents est donc de nature à rendre des services.

Le premier fil conducteur doit être, semble-t-il, la liste aussi complète que possible, de ces Sociétés, avec l'indication des publications de chacune d'elles. Aussi depuis longtemps a-t-on dressé et publié de telles listes (²), qui cependant ont été trouvées insuffisantes. Dans la suite on a donné, classés par matières, les titres et parfois même des sommaires des travaux contenus dans les publications considérées. Ainsi pour l'Histoire, l'Archéologie et la Philologie de la France, le Comité des Travaux historiques a publié quelque temps un Répertoire annuel (³), donnant les titres des travaux et une analyse sommaire de chacun d'eux; mais il n'a pu être continué sous cette forme étendue.

En 1888, il commença de paraître un grand ouvrage dû à R. de Lasteyrie aidé de divers collaborateurs (⁴), donnant uniquement les titres des travaux.

---

(¹) Séance du 30 juillet 1923.

(²) I. — U. Robert, *Bibliographie des Sociétés savantes de la France* (*Revue des Sociétés savantes*, 6e série, t. 6, 1878).

II. — Une autre se trouve dans X. Charmes, *Le Comité des Travaux historiques et scientifiques*, t. 2, p. 478-586. Elle s'arrête à 1886. L'année suivante il en parut une nouvelle :

III. — E. Lefèvre-Portalis, *Bibliographie des Sociétés savantes de la France*. Paris, 1887, in-4°.

(³) IV. — *Répertoire des Travaux historiques de la France*, in-8°. Il mentionnait non seulement les travaux des Sociétés savantes, mais encore bien des journaux périodiques et aussi les livres et opuscules parus séparément. Mais après trois années (1882-1884) il cessa de paraître.

(⁴) V. — *Bibliographie générale des Travaux historiques et archéologiques*, publiés par les *Sociétés savantes de la France*. Il en a paru quatre volumes, publiés de 1888 à 1904, suivis de deux volumes de *suppléments*, de manière à aller jusqu'à

Pour les années 1901 et suivantes, jusqu'à 1910 inclus, il a été continué par des Bibliographies annuelles ([1]).

Ce vaste répertoire laisse de côté un grand nombre de branches de nos connaissances. Pour les sciences, cette lacune est en partie comblée par un ouvrage commencé par Deniker ([2]); et plus récemment une publication consacrée à l'Art et à l'Archéologie ([3]) est venue compléter sous certains rapports le grand recueil de R. de Lasteyrie.

De même, une publication internationale, l'*Index Catalogue of Scientific Literature*, complète en partie, pour la France, l'ouvrage commencé par Deniker ([4]).

Mais, malgré cela, une bonne partie du champ d'action des Sociétés savantes se trouve négligée par ces diverses publications. Dans la suite les listes bibliographiques, telles que celles indiquées d'abord (I-III) n'ont pas été remplacées ([4]) et conservent leur utilité. Or la plus récente ([5]), je crois, remonte à 1887, et d'ailleurs pourrait recevoir des additions notables pour la période même qu'elle embrasse. C'est ce précieux instrument de travail

---

1900. Ces deux derniers volumes ont été publiés de 1911 à 1918. Dans cet immense répertoire, qui renferme 132235 articles ou numéros, les Sociétés savantes sont classées par départements, ce qui facilite les recherches; il comprend aussi les travaux publiés en Algérie, dans les colonies et dans les pays de protectorat.

([1]) VI. — *Bibliographie annuelle des travaux historiques et archéologiques publiés par les Sociétés savantes de la France :* 1901-1902, Paris, 1904, in-4°. — 1902-1903, Paris, 1905,...; 1909-1910, Paris, 1914.

([2]) VII. — J. Deniker, *Bibliographie des travaux scientifiques* (Sciences mathématiques, physiques et naturelles) *publiés par les Sociétés savantes de la France*, Paris, in-4°. Tome I, publié en 3 livraisons parues respectivement en 1895, 1897 et 1916, et comprenant les départements *Ain-Orne* inclus. Cet ouvrage est continué par M. R. Descharmes qui a publié la première livraison du Tome II, Paris, 1922 (départements *Pas-de-Calais-Sarthe*).

([3]) VIII. — *Répertoire d'Art et d'Archéologie*, Paris, in-4°, première année 1910.... Il en a paru 25 fascicules, dont le dernier est relatif à 1921.

([4]) Cet *Index* a suspendu sa publication, mais pour la France il est continué par une publication mensuelle, la *Bibliographie scientifique française*.

([5]) Il existe un grand nombre de listes sommaires, utiles mais insuffisantes, parmi lesquelles je citerai seulement celles de divers annuaires (*Annuaire* des Sociétés savantes, ... 1846; — *Annuaire* de H. d'Héricourt, 1866; — *Annuaire* de H. Delaunay, 1903; — *Les ressources du travail intellectuel en France*, de E. Tassy et P. Léris, 1921; — Le Bottin des Sciences, ... 1922). Certaines *Listes des membres... du Comité des Travaux historiques et scientifiques* indiquent aussi, plus ou moins complètement, les Sociétés savantes de France.

qu'il y aurait lieu de reprendre en sous-œuvre, et de continuer jusqu'à ce jour. Sous cette forme condensée, un tel travail pourrait être fait rapidement et son étendue modeste en permettrait l'impression malgré les difficultés financières de l'heure présente.

On conserverait la classification par départements, qui est commode pour les recherches. On y joindrait un court historique de chaque Société, sans négliger celles qui ont disparu, et l'indication des *Tables générales*. Sans accroître sensiblement l'étendue on pourrait indiquer celles de ces publications qui existent dans la *Bibliothèque des Sociétés savantes*.

Le cadre par départements se prêterait à l'addition d'indications complémentaires, comme celle des *Annuaires*, où il existe parfois d'intéressantes Notices historiques.

ÉLECTRICITÉ. — *Méthode rationnelle pour les essais et la spécification des lampes triodes destinées à fonctionner en clapet.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Les considérations exposées dans une précédente Note [2] conduisent à une méthode nouvelle pour la spécification et les essais de réception des lampes triodes destinées aux postes générateurs, en vue de leur fonctionnement en clapet, dont ne tiennent pas compte les méthodes d'essai usuelles.

Dans celles-ci, on se préoccupe de mesurer le courant « de saturation » sous différents voltages, et les variations du courant de plaque sous ces mêmes voltages, quand on fait varier la tension de grille. Ces deux renseignements, intéressants pour le régime oscillatoire continu, à puissance maxima dans le circuit extérieur, sont sans intérêt pour le fonctionnement discontinu de la lampe en clapet, destiné à assurer le rendement maximum aux dépens de la puissance. Une seule notion reste commune aux deux méthodes, celle de la puissance maxima que peut supporter la lampe, en cas de mauvais réglage ou d'accroissement excessif de la tension appliquée à la plaque. Les essais les plus rationnels me paraissent être les suivants. On distinguera d'abord les essais à faire en usine et au Laboratoire de celui qui utilise la lampe.

I. Essais a faire a l'usine de construction des lampes. — On ne peut imposer au constructeur d'installer une antenne, d'ailleurs variable, sui-

---

(1) Séance du 23 juillet 1923.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 87.

vant les cas d'emploi. Et même une antenne fictive ne peut être installée au petit bonheur; elle devrait être soignée, souvent étudiée pour chaque cas comme on le verra plus loin.

1° *Puissance interne maxima dissipable dans la lampe.* — On déterminera la puissance maxima que peut *dissiper* la lampe par rayonnement, en l'alimentant directement en courant continu sous un voltage peu différent du voltage moyen d'utilisation, et en augmentant le potentiel de la grille progressivement à l'aide d'un potentiomètre ou d'une dynamo à excitation variable jusqu'à ce que l'on obtienne l'échauffement limite. Ce dernier est caractérisé par le fait que, pour des échauffements plus forts, le fonctionnement de la lampe devient instable par suite de dégagement de gaz par les électrodes.

2° *Potentiels de grille d'amorçage.* — Étant donné que la caractéristique d'oscillation ne peut commencer qu'à partir du moment où s'ouvre le clapet, c'est-à-dire quand la lampe devient conductrice, on déterminera, pour une série de tensions d'alimentation portées en abscisses, les tensions de grille correspondantes, nécessaires et suffisantes pour empêcher le passage du courant.

3° *Tensions limites de grille.* — Les oscillations étant limitées par l'augmentation du courant de grille, on déterminera d'autres caractéristiques indiquant les courants de grille obtenus en fonction du voltage de grille sous un certain nombre de voltages de plaque définis; les coudes de ces caractéristiques indiqueront les tensions de grille à ne pas dépasser. Elles peuvent résulter aussi simplement de l'essai suivant.

4° *Caractéristiques d'oscillation à résistance négative constante.* — On a vu dans une précédente Note que la lampe a les propriétés d'un arc chantant. On sait que l'arc chantant se comporte dans un circuit comme une résistance négative; il en est de même de la lampe valve lorsque l'on fait varier le potentiel de grille proportionnellement (avec un signe inverse) au potentiel de plaque, mais on est maître de modifier la résistance négative en modifiant le couplage (ou le degré de réaction) de la grille. On conçoit donc que le procédé le meilleur pour définir une lampe, c'est d'étudier son fonctionnement comme résistance négative. A cet effet on déterminera l'amplitude maxima que peut prendre le courant de plaque dans une caractéristique rectiligne tombante partant de l'axe origine de l'épure d'oscillation, en un certain voltage choisi comme point de commencement de la conductibilité de la lampe. Pour l'obtenir, on mettra en série, dans un circuit comprenant la lampe et une batterie fixe, une résistance fixe convenablement

choisie; puis on fera croître progressivement le courant plaque depuis zéro, ce qui a pour effet d'abaisser le voltage aux bornes de la lampe progressivement. Cette variation de courant sera obtenue, pour chaque valeur de la résistance extérieure fixe, en faisant varier le voltage de grille à l'aide d'une source auxiliaire de potentiel variable, soit d'un potentiomètre sur batterie, soit d'un courant alternatif réglable par variomètre. Le courant passant dans la lampe est réduit proportionnellement à la différence de potentiel aux bornes de la résistance extérieure R, et la tension absorbée par la lampe suit la loi :

$$u = U - R\,i,$$

comme si la lampe avait une résistance interne négative R, arbitrairement choisie. Les mesures de $u$ et de $i$ peuvent être faites à l'aide d'appareils de mesure caloriques ou d'oscillographes à basse fréquence.

On obtient ainsi une caractéristique d'oscillation rectiligne partant de l'axe $i = 0$. On est averti de l'amplitude maxima à laquelle il faut l'arrêter par l'accroissement excessif qu'il faut donner à l'amplitude de l'oscillation de la tension de grille pour augmenter l'amplitude de $i$ à partir de cette valeur. On peut de cette manière, pour un même point d'amorçage des caractéristiques tombantes, étudier plusieurs fonctionnements correspondant à différentes résistances négatives de la lampe, et, par suite, respectivement à des puissances différentes $\int R i^2\, dt$ disponible dans le circuit extérieur. On peut évaluer approximativement les puissances totale et utile et le rendement par la méthode d'approximation indiquée précédemment.

Ce quatrième essai fait donc connaître, pour chaque valeur de la résistance négative électrique de la lampe, le courant maximum et la puissance qu'elle peut laisser passer pendant chaque période de l'oscillation, ainsi que le rendement correspondant pour le circuit plaque.

5° *Mesure des pertes.* — Pour connaître le rendement vrai, il faut tenir compte des puissances dépensées dans les circuits de grille et de chauffage, puissances qu'on mesure facilement par les méthodes usuelles.

6° Enfin il est intéressant et facile de mesurer certaines *constantes de la lampe*.

Si l'on se reporte à l'équation connue des régimes variables applicable dans la région de fonctionnement où les caractéristiques sont sensiblement rectilignes,

$$\rho i = u + kv \qquad (1)$$

(en appelant $u$ la variation de la tension de plaque U, $v$ celle de la tension

de grille V, $i$ la variation du courant (de plaque), $\rho$ représente la *résistance interne* et $k$ le *coefficient d'amplification*. Pour mesurer ces deux constantes, appliquons à la grille une force électromotrice alternative (de basse fréquence pour plus de facilité) d'amplitude $v$, et comprise dans les limites fixées par l'essai n° 3; soient $i$ l'amplitude du courant alternatif de plaque, mesurée quand la puissance est fournie par une batterie fixe de tension = U, sans aucune résistance extérieure en série, $i'$ l'amplitude du même courant mesurée après introduction d'une résistance R en série avec la plaque.

L'équation (1) appliquée aux deux régimes successifs observés donne les deux relations

$$\rho i = kv, \qquad \rho i' = kv - \mathrm{R}i'.$$

D'où l'on déduit immédiatement

$$\rho = \mathrm{R}\frac{i'-i}{i}, \qquad k = \frac{\mathrm{R}}{v}(i'-i).$$

La connaissance des propriétés de la lampe est utilement complétée par la mesure des trois *capacités* entre filament, grille et plaque. En pratique, la plus importante dans les lampes destinées à fonctionner en clapet (et qui ont une grande surface de grille) est la capacité entre grille et plaque. La mesure de la capacité se fait facilement au moyen du courant fourni par une hétérodyne, en employant la méthode de substitution ou la méthode d'opposition d'Armagnat.

Il reste à vérifier les résultats par des essais directs de fonctionnement de la lampe sur circuit oscillant. Ce travail est un travail de laboratoire qui paraît devoir incomber plutôt à l'ingénieur constructeur ou exploitant de poste générateur d'ondes qu'au constructeur de lampes. Il n'existe pas, en effet, pour une lampe donnée, un seul mode d'emploi et un seul type de poste, mais une infinité. C'est à l'ingénieur de télégraphie sans fils d'étudier le parti qu'il peut tirer d'une lampe définie chez le constructeur par les essais précédents, qui ont l'avantage de ne pouvoir prêter à aucune ambiguïté ni donner lieu à aucune discussion.

II. Essais a faire au laboratoire de télégraphie sans fil. — Les meilleurs essais sont ceux que l'ingénieur fera sur le poste d'utilisation lui-même. Mais on peut y suppléer, en laboratoire, en mettant la lampe sur un circuit bouchon ayant des constantes à peu près *semblables* à celles d'une antenne munie d'une self.

7° *Essais sur antenne fictive.* — On a déjà l'habitude de ces essais. Il faut avoir seulement soin de choisir, d'après les résultats obtenus sur des postes

existants, les valeurs de l'inductance, de la capacité, et de la résistance équivalente d'antenne (qui tient compte du rayonnement de l'énergie). Pour que la caractéristique de la lampe reste sensiblement rectiligne, on doit attaquer par le clapet ce circuit oscillant en un point de la bobine d'inductance tel que le courant fourni par la lampe reste en phase sensiblement avec la force électromotrice disponible aux bornes.

Dans ce but, on aura soin qu'une partie de l'inductance se trouve en série dans la branche résistance-capacité; car, une branche de capacité ne contenant que la résistance ohmique donne lieu à des variations rapides de courant et des harmoniques au moment où la lampe devient conductrice, tandis que l'antenne présente les caractéristiques d'une ligne haute tension et ne permet pas cet établissement brusque de régime.

Pour étudier les cas d'antennes présentant des résistances de radiation différentes, et ayant par suite des conditions d'amortissement différentes, on prendra, par exemple, deux ou trois valeurs différentes de la résistance fixe.

Un point nouveau de la méthode c'est qu'on excitera la grille par une hétérodyne, dont le circuit oscillant réglé à la même fréquence que le circuit d'essai, sera intercalé en série avec une batterie de force électromotrice réglable; on pourra de cette façon régler à volonté la valeur moyenne du potentiel de grille, soit en faisant varier le couplage de l'hétérodyne, soit en utilisant l'impédance du circuit de plaque comme un potentiomètre à prises variables. L'hétérodyne évite tout risque de désamorçage dans l'emploi de la lampe comme clapet, même avec des impulsions plus courtes que la durée d'une alternance adoptée comme norme dans les essais n° 5.

On peut d'ailleurs remplacer l'hétérodyne, comme je l'ai dit précédemment, par une lampe-relai, entretenue par réaction du circuit oscillant de la lampe de travail étudiée. On déterminera de cette manière la puissance maxima et le rendement maximum respectifs que peut donner la lampe accouplée au circuit oscillant représentant l'antenne fictive. En donnant successivement plusieurs valeurs différentes à la résistance mise en série avec la capacité, on déterminera les conditions variées de fonctionnement de la lampe et l'amélioration du rendement qui peut être obtenue au prix d'une réduction de puissance.

Ces essais permettent de chiffrer les constantes d'une lampe-valve fonctionnant suivant la méthode du clapet, comme on chiffre les constantes d'une batterie d'accumulateurs. Pour celle-ci, la capacité et le rendement varient suivant la durée de décharge; c'est pourquoi les constructeurs

indiquent plusieurs chiffres de capacité, en mettant en regard le nombre d'heures de décharge. On peut définir de même les lampes-valves en donnant plusieurs chiffres de puissance et de rendement applicables à l'ouverture du clapet pendant une alternance entière, savoir :

*a*. Le régime de puissance maxima (limitée par l'énergie maxima que peut dissiper la plaque) ;

*b*. Deux ou trois régimes de puissance obtenus sous le voltage normal de source, à résistance négative constante pendant une alternance, avec diverses valeurs de cette résistance ; et les rendements correspondants.

Ces différents régimes correspondant, comme on l'a vu plus haut, à des valeurs différentes de l'énergie à fournir à l'antenne pendant une période.

8° *Essais oscillographiques*. — Enfin, il sera très intéressant, toutes les fois qu'on en aura le temps, et très utile pour bien connaître en ses détails le fonctionnement d'une lampe, d'étudier à l'oscillographe les caractéristiques réelles d'oscillation correspondant aux différents régimes dont il est parlé ci-dessus ; mais cela exige un outillage de laboratoire plus important (surtout si l'on veut faire le vide).

L'oscillographe peut être employé soit pour l'enregistrement d'ondes périodiques à la manière ordinaire, soit pour le tracé direct en coordonnées rectangulaires, des caractéristiques d'oscillation. L'oscilloradiographe de Braun ou celui de Dufour se prêtent, comme on le sait, à cette dernière étude, l'un par vision directe, l'autre par enregistrement photographique dans le vide. L'oscillographe bifilaire double à deux miroirs (disposés de manière à renvoyer les rayons de l'un sur l'autre) que j'ai décrit en 1909 ([1]) permet également de relever directement ces caractéristiques à basse fréquence (20 à 50 périodes par seconde).

Le régime d'un circuit oscillant d'antenne est caractérisé par la résistance totale R, comprenant la résistance de radiation, et par le degré d'amortissement total $\alpha$ $\left(\text{suivant la définition de Curie } \alpha = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}\right)$ qui joue un rôle important dans le fonctionnement de la lampe en clapet. Quand on emploie un oscillographe, fût-ce même un oscilloradiographe (qui exige pour ses bobines une assez forte self-induction), les constantes du circuit se

---

([1]) Sur les ordres du général Ferrié, on a exécuté il y a quelques années un appareil de ce même type, d'après mes plans, pour le tracé des caractéristiques statiques.

trouvent modifiées; cet emploi reste cependant légitime si l'on a soin de maintenir le même degré d'amortissement dans le circuit oscillant [1].

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination préventive contre la conjonctivite aiguë à bacille de Weeks. Son importance dans la lutte antitrachomateuse.* Note de MM. **Charles Nicolle, E. Conseil** et **A. Cuénod.**

Depuis les travaux classiques de Morax, l'étude de la conjonctivite aiguë à bacille de Weeks a été plutôt délaissée. Il ne semble pas, en particulier, que la vaccination préventive de l'homme vis-à-vis de cette infection ait tenté les expérimentateurs.

Cette indifférence peut être attribuée à deux raisons, la bénignité ordinaire de la maladie et la difficulté de conservation dans les laboratoires de son agent pathogène qui n'est virulent pour aucune espèce que la nôtre et dont les cultures très maigres ne vivent guère plus de vingt-quatre heures sur les milieux de culture électifs (agar ou bouillon au sang).

Il y a lieu, à notre avis, de reviser l'opinion courante de la bénignité de la conjonctivite aiguë. Sans doute, elle est ordinairement bénigne, surtout chez l'enfant et, même chez l'adulte où de petits ulcères de la cornée se forment parfois, cette complication est rare. Mais cette bénignité relative est facteur des conditions où la maladie s'observe en Europe. Elle cesse dans les pays où sévit le trachome. Tantôt la conjonctivite aiguë y fait le lit de celui-ci (sans que jamais il y ait, comme on l'a soutenu, transformation d'une infection en une autre), tantôt, et bien plus souvent, elle aggrave

---

(1) On peut même réaliser la même valeur pour les intensités des courants tout en modifiant, dans un rapport quelconque, la vitesse des oscillations, si l'on augmente à la fois et proportionnellement entre elles l'inductance et la capacité du circuit oscillant. Cela résulte directement de l'examen des équations différentielles du problème; en effet, dans celles-ci, la grandeur L n'entre jamais que dans des différentielles de la forme $\frac{d(\mathrm{L}i)}{dt}$ et la capacité que dans des intégrales de la forme $\int \frac{i\,dt}{\mathrm{C}}$; $i$ n'est donc pas modifié (mais seulement $t$) quand L et C varient de façon que $\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}}$ et $\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{C}}$ restent les mêmes (T étant la période), et que R ne soit pas modifié. En général il suffit de réaliser le même degré d'amortissement sans se préoccuper de la fréquence; et cela permet de modifier R.

un trachome existant et contribue à créer des complications oculaires redoutables.

Notre ignorance d'un traitement spécifique du trachome est complète. Nous avons pensé que réduire ses complications infectieuses serait agir utilement dans la lutte antitrachomateuse, si difficile et si nécessaire. C'est pourquoi nous avons cherché s'il était possible de vacciner contre les infections qui se surajoutent au trachome. Nos premières recherches montrent qu'on peut protéger aisément l'homme vis-à-vis du bacille de Weeks.

Nous avons d'abord résolu la question de la conservation de ce microbe fragile sur des milieux particuliers. En gélose molle (gélose nutritive à 2,5 pour 1000 d'agar, additionnée de 1 pour 100 d'amidon ou de fécule de pommes de terre) à laquelle on ajoute un quart de sang défibriné (lapin ou homme), les cultures restent vivantes 4 semaines au moins à l'étuve à 35°.

Le vaccin employé est constitué par des cultures en surface sur agar au sang défibriné de lapin de 24 heures, émulsionnées dans l'eau phéniquée à 5 pour 1000 et portées 6 heures à 50°, ce qui les stérilise.

Nos essais ont été pratiqués par voie sous-cutanée ou sous-conjonctivale.

*Vaccination sous-cutanée.* — Les sujets A et B ont reçu chacun sous la peau : le premier jour 250 millions de microbes, le quatrième 250, le neuvième 500, soit au total 1 milliard. Étant donnée la petitesse du bacille de Weeks, la masse microbienne inoculée ne représente pas plus en poids que 250 millions de bacilles typhiques. Aucune réaction locale ou générale.

Éprouvés 14 jours après la dernière inoculation par instillation entre les paupières d'un des yeux de quelques gouttes d'une culture récente de bacilles de Weeks, A et B sont demeurés indemnes.

*Vaccination sous-conjonctivale.* — Les sujets C et D ont reçu chacun au total et le même jour 125 millions de microbes morts du même vaccin. Le sujet C a été inoculé aux quatre paupières, le sujet D à celles de l'œil gauche seulement. Il est à noter que les inoculations sous-conjonctivales sont à peu près irréalisables aux paupières supérieures en raison de l'importance du tarse.

Quatorze jours plus tard, même épreuve que A et B, mais l'instillation virulente est pratiquée aux deux yeux. Le sujet C est demeuré indemme (examen microscopique, culture négatifs). Le sujet D a montré, après une inoculation de deux jours, une conjonctivite bénigne caractérisée par de la rougeur et la présence de filaments surtout à l'œil droit non vacciné; au microscope, on observe des polynucléaires et des bacilles de Weeks. Cette conjonctivite a guéri sans traitement en huit jours.

*Témoin.* — Le témoin, soumis à la même épreuve virulente, a contracté une conjonctivite aiguë double typique (polynucléaires nombreux, abondance de bacilles de Weeks) et qui a guéri par le traitement [1].

Il est donc facile de vacciner préventivement l'homme par voie sous-cutanée contre la conjonctivite aiguë. On y parviendrait sans doute de même par voie sous-conjonctivale en employant des doses égales de vaccin, mais cette voie est d'un emploi plus délicat.

La vaccination préventive de la conjonctivite aiguë doit être considérée comme une arme utile de la lutte antitrachomateuse.

M. **Maurice Hamy** annonce à l'Académie la publication du Mémoire de M. **W. W. Campbell**, Correspondant de l'Académie, relatif à l'observation de l'éclipse totale de Soleil du mois de septembre dernier [2]. La discussion des documents obtenus par l'auteur établit d'une façon indiscutable la réalité de la déviation des rayons lumineux par l'attraction solaire, conformément aux prévisions d'Einstein.

## PLIS CACHETÉS.

M^me^ **Sophie Ostrovsky** demande l'ouverture d'un pli cacheté déposé par son père, feu **E. Ostrovsky**, dans la séance du 17 mai 1910 et inscrit sous le n° 5809.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Recherches sur le virus tuberculeux.* (*Note préliminaire.*)

(Renvoi à l'examen de M. E. Roux.)

---

(1) La culture avait été isolée 4 mois auparavant, ce qui montre la persistance de la virulence du bacille de Weeks entretenu dans les laboratoires.

(2) *Lick Observatory Bulletin*, n° 346.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Premier Congrès international des Sociétés astronomiques.* (Paris, 21-24 juin 1914). *Rapport général*, par L. Montangerand. (Présenté par M. B. Baillaud.)

2° *Notions d'hydrologie appliquée à l'hygiène*, par A. Guillerd. (Présenté par M. d'Arsonval.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *La courbure linéaire oblique et la courbure géodésique totale.* Note de M. **Nilos Sakellariou**, présentée par M. Appell.

Dans un Mémoire *Sur le gyroscope* présenté à l'American Mathematical Society (23 avril, 1921), M. W.-F. Osgood introduit la notion *of the bending* d'une courbe sphérique. *The bending* est définie comme déviation de la courbe par rapport au plan déterminé par la tangente de la courbe en un de ses points M et de la normale à la surface en M, sur laquelle est située la courbe. Dans le Mémoire *Total geodesic curvature and geodesic torsion* présenté à la même Société (29 octobre, 1921) et inséré dans le *Bulletin of the american mathematical Society* (vol. 29, 2, 1923, p. 51), M. J.-K. Whittemore donne l'expression suivante pour *the bending* de M. Osgood :

$$(1) \qquad \sqrt{\frac{1}{\rho_g^2}+\frac{1}{\tau_g^2}},$$

où $\rho_g$, $\tau_g$ représentent respectivement les rayons de courbure géodésique et de torsion géodésique de la courbe, et désigne cette expression (1) comme *courbure géodésique totale.*

Dans une Note *La courbure linéaire oblique et la courbure aréale oblique*, insérée dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* (t. 170, 1920, p. 446), j'ai donné deux formules générales pour la courbure linéaire oblique d'une surface le long d'une de ses lignes, et pour la courbure aréale oblique d'une surface en un de ses points M. La première de ces formules

est la suivante :

$$(2)\quad \sum\left(\frac{dh_i}{ds}\right)^2=\sum\left(\frac{da}{ds}\right)^2+(a^2+b^2)k_g^2+(a^2+c^2)k_n^2+(b^2+c^2)t_g^2$$
$$+2\left(a\frac{db}{ds}-b\frac{da}{ds}\right)k_g+2\left(a\frac{dc}{ds}-c\frac{da}{ds}\right)k_n+2\left(c\frac{db}{ds}-b\frac{dc}{ds}\right)t_g$$
$$-2abk_nt_g+2bck_gk_n+2ack_gt_g,$$

où $h_i (i=1, 2, 3)$ sont les cosinus absolus d'une droite $(g)$ arbitraire dans l'espace, qui passe par le point $M(x, y, z)$ de la surface (S), $h_i+\Delta h_i$ les cosinus de $(g)$ correspondant au point M′ de la ligne MM′ sur (S); $(a, b, c)$ représentent les cosinus des angles de $(g)$ et des axes du trièdre, qui se détermine par la tangente à MM′ au point M, par la normale à cette ligne tangente à la surface et par la normale de (S) au point M; $k_g$, $k_n$ sont les projections de la courbure de la ligne MM′ sur la normale et sur le plan tangent de (S), et $t_g$ la torsion géodésique au point M de MM′.

Cette formule est donnée plus tard par M. N. Hatzidakis sous une forme plus élégante et par une démonstration plus commode au moyen de la méthode cinématique [1].

La formule générale (2) contient un nombre d'autres formules comme cas particuliers, par exemple la courbure normale, tangentielle, totale, la torsion géodésique de la courbe considérée, ainsi que la formule (1) de M. Whittemore de la courbure géodésique totale.

En état, en supposant dans (2) que $a=0$, $b=1$, $c=0$, c'est-à-dire que la droite $(g)$ coïncide avec la normale tangentielle de MM′ en M, on a la formule suivante :

$$\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2=k_g^2+t_g^2,$$

d'où l'on voit que :

*Le carré* $\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2$, *où* $d\omega$ *mesure la déviation de la surface par rapport au plan qui est normal à la normale tangentielle de* MM′, *est égal à la somme des carrés de la courbure tangentielle et de la torsion géodésique de* MM′ *en* M.

C'est ce que M. Whittemore désigne comme le carré de la *courbure géodésique totale*.

En supposant que la courbe de (S) que nous considérons est une ligne de courbure de (S), on a

$$k_n^2=k_1^2,\ k_2^2,\qquad t_g=0$$

---

(1) Voir *Bulletin de la Société math. de Grèce*, 2e série, t. 3, 1922, p. 33-36.

et par suite

$$\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 = k_g^2;$$

c'est le cas considéré par M. W. F. Osgood ([1]). Si la courbe de (S) que nous considérons est une ligne géodésique de (S), nous posons dans la formule (2)

$$(3) \qquad k_n = k\cos\varphi, \qquad k_g = -k\sin\varphi, \qquad k''^2 = k^2 + k'^2, \qquad t_g = k' - \frac{d\varphi}{ds},$$

où $k$, $k'$, $k''$ représentent respectivement la courbure, la torsion et la courbure totale de la ligne de (S) et $\varphi$ l'angle de la normale principale de MM' avec la normale de (S) en le même point. Après cela en posant $\varphi = 0$ et $a = 0$, $b = 1$, $c = 0$, on a

$$\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 = k'^2 = t_g^2,$$

à cause de (3).

D'une manière analogue à celle qui précède on trouve la formule qui donne $\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2$, si la courbe de (S), que nous considérons, est une ligne asymptotique ($k_n = 0$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques applications techniques des équations intégrales.* Note ([2]) de M. **F.-H. van den Dungen**, transmise par M. Émile Borel.

1. *Calcul des vitesses critiques par les approximations successives.* — Nous avons indiqué, dans une Note précédente ([3]), comment la recherche des vitesses critiques d'un rotor se réduit à l'étude des nombres fondamentaux d'une équation intégrale; nous avons également démontré la formule de Dunkerley qui permet de calculer le plus petit de ces nombres. Nous allons examiner ici comment on peut utiliser la méthode des approximations successives de M. Picard.

Donnons-nous, *a priori*, une fonction $y_0(s)$ et calculons les forces F et $f$,

---

([1]) Voir N. Sakellariou, *Contribution à la théorie des surfaces* (*Bulletin de la Société mathématique de Grèce*, I, 2, 1919, p. 133).

([2]) Séance du 30 juillet 1922.

([3]) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 243.

ainsi que les couples C et $c$, au moyen des formules

$$
(1) \quad \left\{
\begin{array}{ll}
f_s = \dfrac{p_s}{g} y_{0s}; & F_h = \dfrac{P_h}{g} y_{0h} \\
\text{et} & \\
c_s = \dfrac{p_s}{g} \dfrac{r^2}{4} y'_{0s}, & C_h = \dfrac{I_{1h} - I_h}{g} y'_{0h};
\end{array}
\right.
$$

on se reportera aux explications qui suivent la formule (3) de notre première Note, pour les notations utilisées.

Sous l'effet des forces F, $f$ et des couples C, $c$, la pièce étudiée fléchit et présente une flèche $y_1(s)$ que l'on peut calculer au moyen de l'équation (2) de notre première Note, ou par les procédés graphiques de la résistance des matériaux.

En introduisant la flèche $y_1(s)$ et sa dérivée dans les formules (1), on calculera de nouvelles forces et de nouveaux couples qui détermineront à leur tour une nouvelle flèche $y_2(s)$. On calculera ainsi, par itération, une suite de flèches

$$y_0, \quad y_1, \quad y_2, \quad \ldots, \quad y_i.$$

D'après la remarque que nous avons faite sur le calcul des pôles d'une fonction méromorphe [1], on aura, en désignant par $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$, ... les vitesses critiques rangées par ordre de module croissant [2],

$$\omega_1^2 = \lim \frac{y_{i-1}}{y_i}, \qquad \omega_1^2 \omega_2^2 = \lim \frac{y_{i-1}^2 - y_{i-2} y_i}{y_i^2 - y_{i-1} y_{i+3}}, \qquad \ldots.$$

On peut calculer ainsi autant de vitesses critiques que l'on désire, avec l'approximation voulue. En 3 ou 4 heures, il est possible de trouver par des opérations graphiques, les trois premières vitesses critiques d'un rotor déjà compliqué.

2. *Formule de M. Baumann.* — Lorsqu'il suffit de connaître assez grossièrement la valeur de la première vitesse critique, on se contentera de la formule

$$\omega_1^2 = \frac{y_0}{y_1};$$

c'est le principe de la méthode employée depuis longtemps en technique; on en voit ici la base et la démonstration; si l'on suppose que la flèche

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1864.

(2) On comparera les valeurs des $y_i$ pour une même abscisse $s$, par exemple le milieu du rotor.

donnée *a priori* vaut l'unité, on voit que $y_1$ vaut $\varphi : g$, $\varphi$ désignant la flèche du rotor sous l'effet de son propre poids; la formule précédente devient alors

$$\omega_1^2 = \frac{g}{\varphi},$$

expression qui, à un facteur correctif constant près (1,07), est identique à la relation expérimentale due à M. Baumann [1].

3. *Formule de M. Morley.* — Si l'on applique la méthode de M. Schwartz à la suite $y_0, y_1, \ldots, y_l$, avant de calculer les pôles $\omega^2$, en sommant de o à $l$ les flèches et leur inclinaison, multipliées par $P\varphi, p\varphi, (I_1 - I)\varphi'$ et $p\frac{r^2}{4}\varphi'$, respectivement, on obtient la formule de M. Morley [2] :

$$\omega_1^2 = g \frac{\Sigma P\varphi + \int_0^l p\varphi\, ds}{\Sigma P\varphi^2 + \int_0^l p\varphi^2\, ds + \Sigma(I_1 - I)\varphi'^2 + \int_0^l p\frac{r^2}{4}\varphi'^2\, ds}.$$

Cette formule, souvent utilisée, peut donc être rattachée à la théorie générale des vitesses critiques, basée sur l'emploi de l'équation de M. Fredholm.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème de M. Picard.* Note de M. **Rolf Nevanlinna**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f(x)$ une fonction analytique de la variable complexe $x = re^{i\varphi}$, méromorphe pour $|x| \leqq \rho$ et présentant dans ce domaine les zéros $a_1, a_2, \ldots, a_m$ et les pôles $b_1, b_2, \ldots, b_n$. On aura, pour $|x| < \rho$ [3],

$$(1)\qquad \log f(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log|f(\rho e^{i\vartheta})| \frac{\rho e^{i\vartheta} + x}{\rho e^{i\vartheta} - x}\, d\vartheta - \sum_1^m \log\frac{\rho^2 - \bar{a}_\nu x}{\rho(x - a_\nu)} + \sum_1^n \log\frac{\rho^2 - \bar{b}_\nu x}{\rho(x - b_\nu)} + iC,$$

---

(1) *Inst. electr. Ingineers Journ.*, t. 48, 1912, p. 768.

(2) *Engineering*, 1909, *passim.*

(3) Cf. le Mémoire de F. et R. Nevanlinna : *Ueber die Eigenschaften analytischer Funktionen in der Umgebung einer singulären Stelle oder Linie* (*Acta Soc. scient. Fennicæ*, t. 50, n° 5, 1922, p. 7).

$\bar{a}_\nu$ et $\bar{b}_\nu$ étant les conjugués des nombres $a_\nu$ et $b_\nu$ et C une constante réelle.

Cette formule nous a conduit à une démonstration simple et élémentaire du théorème de M. Picard et nous a permis, en même temps, de généraliser et de préciser certains résultats de MM. Borel et Valiron qui se rapportent à des questions analogues. Nous rappellerons ici brièvement quelques-uns des résultats auxquels nous sommes arrivé.

Désignons par $n(r, z)$ le nombre des zéros de la fonction $f(x) - z$ compris dans le cercle $|x| < r$, par $r_\nu(z)$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$ leurs modules et par $m(r)$ l'expression

$$m(r) \equiv \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|\,d\varphi,$$

où $\overset{+}{\log}|f|$ signifie $\log|f|$ ou zéro suivant que $|f| \geqq 1$ ou $|f| < 1$. Cela étant, si $f(x)$ est une fonction entière, et si $a$ et $b$ sont deux nombres finis quelconques différents entre eux et $k$ et $r_0$ des nombres positifs donnés, on aura pour toute valeur $\rho > r_0$ l'inégalité

$$(2) \qquad \int_{r_0}^{\rho} \frac{m(r)}{r^{k+1}}\,dr < C_1 \int_{r_0}^{\rho} \frac{n(r,a)+n(r,b)}{r^{k+1}}\,dr + C_2,$$

les quantités $C_1$ et $C_2$ ne dépendant pas de $\rho$.

A l'aide de cette inégalité on conclut facilement que, si la fonction entière $f(x)$ ne prend les valeurs $a$ et $b$ qu'en un nombre fini de points, elle se réduit nécessairement à un polynome, et l'on peut déduire aussi de (2) le théorème général de M. Picard.

Si l'on suppose seulement que la fonction $f(x)$ soit régulière dans le cercle $|x| < 1$, on aura pour $1 > \rho > r_0 > 0$ et $k > 0$ l'inégalité

$$(3) \qquad \int_{r_0}^{\rho} m(r)(1-r)^{k-1}\,dr < C'_1 \int_{r_0}^{\rho} [n(r,a)+n(r,b)](1-r)^k\,dr + C_2,$$

$C'_1$ et $C'_2$ ne dépendant pas de $\rho$.

On en déduit certaines propriétés nouvelles des fonctions dont la croissance est d'ordre fini dans le cercle $|x| < 1$. Ainsi, en observant que l'intégrale

$$(4) \qquad \int_{r_0}^{1} n(r, z)(1-r)^k\,dr$$

et la série

$$(5) \qquad \sum_1^{\infty} [1 - r_\nu(z)]^{1+k}$$

convergent ou divergent en même temps, on arrive à ce résultat :

Si, pour une valeur donnée $k > 0$, la série (5) converge pour deux valeurs différentes de $z$, l'intégrale

$$\int_{r_0}^{1} m(r)(1-r)^{k-1}\,dr \tag{6}$$

sera également convergente.

D'autre part on aura, sous les mêmes conditions,

$$\lim_{r=1}(1-r)^k m(r) = 0, \qquad \lim_{r=1}(1-r)^{k+1}\log M(r) = 0,$$

$M(r)$ désignant le maximum de $|f(x)|$ pour $|x| = r$.

Nous avions supposé $k = 0$. Dans le cas où la série

$$\sum_{1}^{\infty}[1 - r_\nu(z)]$$

converge pour deux valeurs différentes de $z$, on peut établir l'inégalité plus précise

$$m(r) < C\log\frac{1}{1-r} \qquad (r > r_0),$$

où C ne dépend que de $r$.

Si l'intégrale (6) a une valeur finie, il en est évidemment de même de l'intégrale

$$\int_{r_0}^{1} \mu(r, z)(1-r)^{k-1}\,dr, \tag{7}$$

où

$$\mu(r, z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log|f(re^{2\varphi}) - z|\,d\varphi,$$

$z$ ayant une valeur finie quelconque. Or on sait (*loc. cit.*, p. 34) que l'intégrale (7) et la série (5) sont en même temps convergentes ou divergentes, d'où ce théorème :

Si, pour une valeur donnée $k > 0$, la série (5) diverge pour une certaine valeur finie $z$, elle sera divergente pour toute valeur finie de $z$, en exceptant peut-être une seule valeur.

On peut montrer sur des exemples particuliers que ce théorème ne subsiste plus lorsque $k \lesseqgtr 0$. Ainsi, dans le cas de la fonction modulaire, la série (5), si l'on y fait $k = 0$, converge pour les *deux* valeurs $z = 0$ et $z = 1$, tandis qu'elle diverge pour toute autre valeur de $z$. D'autre part on

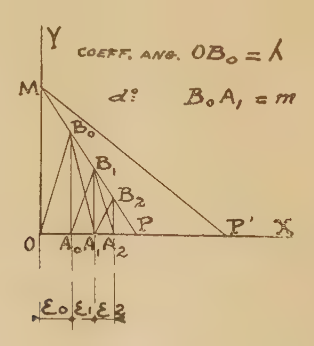
peut trouver des fonctions *bornées* pour lesquelles la série (5), où $k$ a une valeur *négative*, diverge pour certaines valeurs $z$.

A l'aide d'une représentation conforme on peut déduire de ce qui précède différents résultats relatifs aux fonctions qui sont régulières dans un angle donné, résultats qui généralisent certaines propositions de MM. Borel et Valiron sur les fonctions entières d'ordre fini.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *La stabilité élastique et les matériaux modernes de construction.* Note [1] de M. **R. de Fleury**, présentée par M. Mesnager.

*Déformations critiques.* — On peut définir sous le nom de « Déformations critiques » celles qui correspondent à des ruptures d'équilibre entre les efforts et les déformations élastiques (fouettements, flambements, voilements, qui peuvent, d'ailleurs, être globaux ou locaux). Un régime de déformations critiques correspond, mathématiquement parlant, à une *série de termes* de déformations élémentaires dont la somme tend vers l'infini, sous l'effet de couples parasites transversaux à des couples principaux finis et résultant de ces derniers. Il y a toujours couple parasite, car les plans des couples résistants et fléchissants ne coïncident jamais rigoureusement (à $\varepsilon_0$ près).

*Cas général.* — Un défaut de coïncidence, à $\varepsilon_0$ près, entre le plan des




couples résistants et des couples fléchissants donne naissance à un couple parasite de dévers de valeur $P\varepsilon_0$ que nous figurons en $A_0$, $B_0$, P étant la charge réduite en un point (voir la figure). On voit que la droite $OB_0$ a un

(1) Séance du 30 juillet 1923.

coefficient angulaire $\lambda$ tel que $\lambda = P$ et que ce coefficient ne dépend que de la charge et surcharge.

Mais le couple de dévers va, en deuxième effet, provoquer une déformation transversale qui constituera le deuxième terme d'une série, telle que $A_0A_1 = \varepsilon_1$ proportionnelle au couple $A_0B_0$ de telle sorte que la droite joignant $B_0A_1$ possède un coefficient angulaire $m$ qui dépend uniquement de la flexibilité globale de la pièce, c'est-à-dire de sa forme propre et du module d'élasticité M de la matière.

A son tour l'accroissement d'excentrement $\varepsilon_1$ provoque un nouvel accroissement $A_1B_1$ qui constitue le troisième terme d'une série et ainsi de suite, ce qui définit graphiquement la flèche parasite totale $A_0P$. Les points $B_0$, $B_1$, $B_2$, ... sont alignés sur une droite MP dont l'équation est

$$(\lambda + m)X - Y - m\varepsilon_0 = 0.$$

Un accroissement de charge a pour effet de remplacer la droite MP par une droite MP′ plus inclinée, passant toujours par un point M indépendant de la charge. Comme $\varepsilon_0$ est très petit, on voit que la déformation globale MP est elle-même très petite, tant que la ligne MP est tant soit peu inclinée, c'est-à-dire qu'il n'y a déformation critique que lorsque son coefficient angulaire est nul, c'est-à-dire $\lambda = -m$, ou encore, ce qui revient au même, quand un terme de rang $(n)$ dans la série est égal au terme de rang $(n-1)$.

*Condition de stabilité au voilement* (exemple). — On peut supposer soit un excentrement transversal $\varepsilon_0$, soit un angle $\omega_0$, très petits.

Dans le premier cas, l'application d'une charge P sur une poutre de portée $l$ donnera un couple transversal

$$c = P\varepsilon_0,$$

d'où

$$\lambda = P. \tag{0}$$

Ce couple provoquera un premier accroissement d'excentrement $\varepsilon_1$, représentant la projection sur plan horizontal de la somme algébrique des flèches suivant les sections respectives des moments d'inertie $I_b$ et $I_a$ en fonction de l'angle de torsion $\omega_1$, provoqué par le couple $P\varepsilon_0$ et tel que

$$\varepsilon_1 = \beta\frac{Pl^3}{M}\sin\omega_1\cos\omega_1\left[\frac{1}{I_b} - \frac{1}{I_a}\right] \quad \text{ou} \quad \varepsilon_1 = \beta\frac{Pl^3}{M}\omega_1\left[\frac{1}{I_b} - \frac{1}{I_a}\right] \tag{1}$$

et tel que l'angle de torsion à la charge sous l'effet de couple porté à $P(\varepsilon_0 + \varepsilon_1)$ se trouve accru de $\omega_2$ tel que

$$\omega_2 = \alpha\frac{Pl\varepsilon_1}{M\sqrt{I_a^2 + I_b^2}} \quad \text{ou} \quad \omega_2 = \alpha\beta\frac{P^2l^4}{M^2}\omega_1\frac{\left[\frac{1}{I_b} - \frac{1}{I_a}\right]}{\sqrt{I_a^2 + I_b^2}}, \tag{2}$$

accroissement qui provoquera un nouvel accroissement de flèche $\varepsilon_2$, prop. à $\omega_2$, etc.

Bref, on voit que

$$m = -\frac{P.\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \tag{3}$$

peut s'écrire

$$m = -\frac{P\,\omega_1}{\omega_2},$$

$$m = -\frac{1}{\alpha\beta}\frac{M^2}{P\,l^4}\frac{\sqrt{I_a^2+I_b^2}}{\frac{1}{I_b}-\frac{1}{I_a}}. \tag{4}$$

La relation de stabilité devient

$$(0) \leqq -(4)$$

qui, en supposant $I_b$ très petit par rapport à $I_a$, condition d'ailleurs nécessaire au voilement, peut s'écrire

$$P \leqq \frac{1}{\sqrt{\alpha\beta}}\frac{M\sqrt{I_b I_a}}{l^2},$$

dont on constatera l'extrême analogie de forme avec la formule d'Euler pour le flambement, auquel le mode de démonstration précédente s'applique, comme il s'applique également au cas de fouettement.

*Conclusions.* — Le *taux de sécurité vrai* d'un organe sous charge sera donc limité tantôt par celui adopté pour le taux de travail par rapport à la *limite élastique* de la matière mise en œuvre, tantôt par celui relatif à la stabilité élastique et qui dépend uniquement de son *module d'élasticité*. Il importe de remarquer que le deuxième facteur tend de plus en plus, et de façon d'autant plus dangereuse qu'elle est fortuite, à intervenir seul, de façon limitative, dans nombre de cas de pièces plus ou moins grêles, *du fait même des progrès de la métallurgie moderne et de la poursuite de constructions à charges mortes de plus en plus réduites*.

Cela est évident en ce qui concerne la mise en œuvre des métaux légers et ultra-légers, du fait que les progrès réalisés sur leurs résistances élèvent les taux de sécurité relativement à ce facteur, alors que les modules sont faibles. Cela devient également évident en ce qui concerne les aciers à haute résistance dont les qualités sont journellement accrues, alors que les modules restent immuables.

De même, on voit que les dimensionnements des constructions en acier, et celles des métaux légers doivent procéder, même à limites élastiques très voisines, d'esthétiques toutes différentes, en raison de l'énorme diffé-

rence des modules, un avantage énorme restant en fin de compte pour les constructions les plus légères, aux matériaux les plus légers, en raison des possibilités des sections offertes par la faible densité de ces derniers. Il est indispensable de procéder au moyen de règles de transpositions qui découlent, dans la majorité des cas, directement des formules relatives aux conditions de stabilité où n'intervient que le module comme caractéristique de la matière. Les échecs de la construction métallique en aviation n'ont pas eu d'autre cause que l'oubli de ce facteur. Enfin l'étude du module, en relation avec la densité des matériaux, du point de vue de la physique générale des corps, tend à présenter un intérêt pratique de premier plan.

PHYSIQUE DES RADIATIONS. — *De la superposition des forces électromotrices dans les piles à liquide fluorescent.* Note de M. A. **Grumbach**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Comme je l'ai signalé dans une Note antérieure [1], la force électromotrice produite par l'éclairement d'une solution colorée où plongent deux électrodes de platine, ne présente pas les caractères de l'effet Becquerel, si la concentration n'est pas très grande. Nous allons voir qu'il y a superposition de deux phénomènes distincts.

Si l'on fait converger la lumière sur une des électrodes, la région éclairée étant suffisamment étroite ($2^{mm}$ à $3^{mm}$), l'effet positif prédomine au début de l'expérience; la force électromotrice passe par un maximum et devient négative au bout d'un temps qui peut atteindre plusieurs heures en solution concentrée. On observe un phénomène négatif en éclairant de la même façon une région du liquide située, par exemple, à $15^{mm}$ de l'électrode. Cette deuxième force électromotrice, au contraire de la première, ne diminue pas rapidement en valeur absolue dans l'obscurité.

Il est facile d'opérer en lumière monochromatique en utilisant les images d'une lampe à mercure fournies par une lentille et un gros prisme à vision directe. On isole une image au moyen d'une fente pratiquée dans un écran placé devant l'appareil.

Les deux expériences suivantes ont porté sur une solution contenant $0^{g},005$ de fluorescéinate de sodium et $2^{g},42$ de soude pour $100^{g}$ d'eau (concentration moléculaire : $1,32.10^{-7}$ mol-g-cm$^{3}$) :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 88.

TABLEAU I.

*Lumière concentrée sur l'électrode* (raie 4360).

| Temps. | Force électromotrice en millivolts. | Temps. | Force électromotrice en millivolts. |
|---|---|---|---|
| 0$^m$ | 0 | 67$^m$ | 53,6 |
| 3.45$^s$ | 7,5 | 78.30$^s$ | 47,0 |
| 10.30 | 20,9 | 109.30 | 37,6 |
| 23.30 | 25,7 | 260 | 18,1 |
| 41.30 | 26,4 | 269 | 3,7 |
| 59.15 | 31,0 | 270 | 2,5 |

TABLEAU II.

*Lumière concentrée sur le liquide seul à* 15$^{mm}$ *de l'électrode* (raie 4360).

| Temps. | Force électromotrice en millivolts. | Temps. | Force électromotrice en millivolts. |
|---|---|---|---|
| 0$^m$ | 0 | 85$^m$.30$^s$ | — 3,0 |
| 2 | — 6,9 | 95 | — 2,0 |
| 8 | —12,4 | 105.30 | 0 |
| 19.30$^s$ | —17,3 | 108 | 10,6 |
| 26 | —18,2 | 108.20 | obscurité |
| 29.30 | —15,6 | 114.30 | 3,7 |
| 65 | — 5,6 | 178 | —15,0 |

La force électromotrice redevient négative dans l'obscurité au bout de la 134$^e$ minute. Il en est ainsi dans toutes les expériences de ce genre quand on arrête l'éclairage en un point situé sur la partie positive de la courbe. On est ainsi conduit à attribuer la cause du premier changement de signe à l'action sur l'électrode des radiations fluorescentes émises par la région illuminée.

Le phénomène inverse se produit lorsqu'on déplace l'appareil de manière à éclairer l'électrode. Par exemple, dans l'une de ces expériences, la force électromotrice qui atteignait $-6^{mv},3$ à ce moment, devient égale à $-1^{mv},6$ après $3^m,30$ et à $+2^{mv},8$ après 9 minutes.

Le phénomène positif est très faible dans les solutions étendues comme le montrent les résultats suivants obtenus en éclairant une des électrodes.

### TABLEAU III.

*Solution contenant* 0g,0005 *de fluorescéinate de sodium et* 2g,42 *de soude pour* 100g *d'eau* (concentration moléculaire : $1{,}32.10^{-8}$ mol-g-cm³).
(Même éclairage que I et II.)

| Temps. | Force électromotrice en millivolts. | Temps | Force électromotrice en millivolts. |
|---|---|---|---|
| m | | m s | |
| 0 | 0 | 19.10 | —10,7 |
| 0.30s | + 1 | 21.40 | —11,6 |
| 3 | — 4,1 | 22 | —12,5 |
| 5.30 | — 7,5 | 25 | —13,1 |
| 8.30 | — 9,0 | 31 | —14,1 |
| 17 | —10,5 | | |

### TABLEAU IV.

*Solution aqueuse saturée de vert malachite éclairée par les radiations de l'arc à mercure traversant le verre.*

| Temps. | Force électromotrice en millivolts. | Temps. | Force électromotrice en millivolts. |
|---|---|---|---|
| m | | m | |
| 0 | 0 | 11 | 13,8 |
| 2.30s | 4,6 | 12 | 16,7 |
| 4 | 8,6 | 15.30s | 18,5 |
| 6.45 | 11,1 | 23 | 19 |
| 9 | 13,1 | | |

### TABLEAU V.

Même solution étendue 10 fois (même éclairage que IV).

| Temps. | Force électromotrice en millivolts. | Temps. | Force électromotrice en millivolts. |
|---|---|---|---|
| 0m | 0 | 5m40s | — 0,18 |
| 1 | +0,18 | 32 | —16,6 |
| 3 | 0 | | |

En comparant les Tableaux I et III puis IV et V, nous voyons que la valeur du maximum varie dans le même sens que la concentration et qu'en même temps l'inversion se produit beaucoup plus rapidement. La solution du Tableau III donne, dès le début, un effet négatif en lumière divergente. En général, à partir d'une dilution suffisante, la seule trace du phénomène positif consiste en un point d'inflexion voisin de l'origine.

Les variations apparentes de conductibilité des solutions fluorescentes exposées à la lumière sont dues aux mêmes causes; il est clair que le sens du phénomène dépendra du dispositif expérimental adopté; l'effet sera différent suivant qu'une des électrodes sera éclairée ou laissée dans l'obscurité.

Il faut rapprocher des résultats précédents les expériences faites par Swensson [1] sur des solutions de sels minéraux exposées au rayonnement total d'une lampe à mercure en quartz. La théorie proposée par cet auteur ne s'applique pas aux solutions que j'ai étudiées, car les travaux de M. J. Perrin mettent en évidence le caractère irréversible de la formation du photoproduit qui apparaît dans tout le volume éclairé, si la solution est très diluée; on conçoit que la force électromotrice négative déterminée par l'équilibre d'adsorption subsiste, tandis que l'effet Becquerel disparaît.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluorescence et photochimie.* Note [2] de M. R. **Levaillant**, présentée par M. J. Perrin.

I. Une théorie récente (Jean Perrin) voit dans la fluorescence le signe d'une transformation chimique. En recherchant quelles réactions peuvent subir les corps fluorescents éclairés, j'ai d'abord été conduit à étudier une série d'hydrogénations photochimiques.

L'uranine en solution étendue (concentration $10^{-4}$ par exemple) dans la glycérine se décolore à la lumière; la fluorescence verte fait place à une légère fluorescence bleue. J'avais abandonné à elles-mêmes des solutions ainsi décolorées quand j'observai que la fluorescence verte et la coloration reparaissaient lentement à partir de la surface; un chauffage à l'air rend d'ailleurs rapide cette régénération qui ne peut avoir lieu en tube scellé vide d'air. L'interprétation est immédiate. La lumière a changé l'uranine en uranine hydrogénée incolore qui se réoxyde peu à peu à l'air. Lazareff et Gebhard ont déjà (1912) décrit un fait analogue pour le bleu de méthylène dissous dans la glycérine.

II. Plus généralement, un certain nombre de matières colorantes fluorescentes dissoutes dans les polyalcools ou dans leurs solutions aqueuses subissent à la lumière une hydrogénation aux dépens du polyalcool. Par

---

(1) T. Swensson, *Arkiv för Kemi*, t. 7, n° 19, Stockholm, 1920.

(2) Séance du 30 juillet 1923.

oxydation ultérieure à l'air, le colorant reparaît plus ou moins complètement à partir du leucodérivé formé; en tube scellé privé d'air la décoloration persiste indéfiniment. On a affaire ici à une réaction pseudoréversible; la réversibilité ne se réalise que par l'intermédiaire de l'air.

J'ai expérimenté avec des solutions faibles ($\frac{1}{5000}$ en général) en colorant et très concentrées en polyalcool, ordinairement placées dans le vide et maintenues à température constante (température ordinaire) pendant leur exposition aux radiations. La réaction a lieu plus rapidement avec l'éosine ou l'érythrosine qu'avec l'uranine. Les fluorescéines et les thiazines (bleus de méthylène, de thionine, de méthylène nouveau, thiocarmin, etc.) sont particulièrement aptes à la donner. Elle réussit bien également avec le bleu de Meldola, mais ne procède que très lentement avec une autre oxazine, le bleu fluorescent, ou avec la pyronine. J'ai employé comme polyalcools le glycol, la glycérine, l'érythrite, la mannite, le glucose, etc. Les tartrates neutres solubles (sel de Seignette, etc.) m'ont donné des réactions rapides. Utilisant la plupart du temps la lumière blanche d'un arc électrique, j'ai quelquefois recherché les rayons actifs au moyen d'écrans convenables ($SO^4Cu$ pour l'uranine, $Cr^2O^7K^2$ pour le bleu de méthylène, etc.) Le premier ultraviolet (lampe à mercure avec verre de Wood) agit bien dans beaucoup de cas (éosine-glycérine, etc.).

La régénération à l'air des produits décolorés a été étudiée au colorimètre et au spectroscope. Assez bonne avec les thiazines ou l'éosine, un peu moins avec l'uranine, elle devient mauvaise avec le Rose Bengale ou le Rouge de Magdala (safranine). Elle dépend d'ailleurs du polyalcool employé. On constate assez fréquemment une légère variation de la couleur après la régénération.

III. Beaucoup d'acides organiques peuvent jouer vis-à-vis des thiazines par exemple, un rôle analogue aux polyalcools. Entre l'acide acétique et le bleu de méthylène éclairés la réaction est très lente; elle est au contraire rapide entre le bleu de méthylène (au $\frac{1}{5000}$ environ) et l'acide oxalique dissous dans l'eau. Du gaz carbonique se dégage et la décoloration (à l'abri de l'air) se produit :

$$CO^2H - CO^2H + M = MH^2 + 2\,CO^2 \quad (M = \text{bleu de méthylène}).$$

La réaction présente une grande analogie avec celle que M. Lemoine a étudiée entre l'acide oxalique et le chlorure ferrique, ou encore avec la décomposition photocatalytique de l'acide oxalique par les sels d'uranium.

Elle s'effectue sous l'action des rayons orangés, ou plus rapidement sous

l'action du premier ultraviolet. La régénération de la couleur est ici très bonne; on ne trouve aucune différence entre la liqueur primitive et la liqueur redevenue bleue au bout d'un temps suffisant après la décoloration.

Les acides-alcools (lactique, malique, tartrique, citrique, etc.) produisent aussi l'hydrogénation photochimique du bleu de méthylène ou d'autres corps fluorescents. Beaucoup d'autres substances agissent dans le même sens; on observe des réactions très rapides avec les chlorhydrates d'hydroxylamine ou de phénylhydrazine.

IV. Les mêmes matières colorantes s'oxydent au contraire à la lumière dans d'autres conditions (Lazareff). Cette oxydation détruit en général la molécule; c'est ainsi que l'éosine fournit des acides bromhydrique, oxalique, phtalique (Heffter). Quand on éclaire une solution d'uranine dans l'eau au contact de l'air, elle perd sa fluorescence, et il reste une liqueur d'un brun rouge qui ne peut redonner l'uranine. Que se passerait-il à l'abri de l'air? J'ai pu, dans un tube privé d'air, éclairer une dizaine de jours une solution aqueuse d'uranine sans la modifier sensiblement, alors que la même solution, au contact de l'air, s'est entièrement transformée en moins de trois jours. Un fait analogue est connu pour la chlorophylle (Wurmser).

On peut alors penser avec M. Jean Perrin [1] que l'effet direct de la lumière sur la molécule fluorescente est de la faire passer à un état critique où elle jouirait d'une activité plus grande. Elle pourrait à partir de cet état critique revenir à son premier état en émettant la lumière de fluorescence, ou s'isomériser (quinine), ou s'unir à une autre molécule semblable (anthracène), ou différente (oxygène ou hydrogène).

V. Je signalerai enfin les faits suivants relatifs aux hydrogénations précédentes :

1° La fuchsine, la tartrazine, le vert malachite, le carmin d'indigo (non fluorescents) dans la glycérine semblent insensibles à la lumière. Dans une solution d'acide oxalique le carmin d'indigo subit cependant une réduction lente. Les rhodamines (fluorescentes) ne se transforment pas d'une manière appréciable dans la glycérine à la lumière.

2° J'ai opéré avec des concentrations faibles ($\frac{1}{5000}$ environ) en corps fluorescents. Quand on augmente la concentration la réaction photochimique est de plus en plus difficile et finit par ne plus se produire pratiquement. Des éclairements très prolongés n'amènent aucun changement visible dans

---

(1) Dans la Notice sur ses Travaux scientifiques (1923). M. J. Perrin a du reste, dans quelques lignes de cette notice, résumé mes principaux résultats non encore publiés.

une solution d'uranine au $\frac{1}{500}$. Wood a mis le même caractère en évidence à propos de la transformation de l'éosine dans l'eau au contact de l'air.

3° Beaucoup de ces hydrogénations peuvent indifféremment s'effectuer sous l'action de la lumière ou sous celle de la chaleur, montrant ainsi que « lumière et chocs peuvent se remplacer » (Jean Perrin). C'est le cas pour les thiazines et les oxazines dans la glycérine, mais non pour les fluorescéines. Un grand nombre de colorants non fluorescents (carmin d'indigo, vert malachite, etc.) subissent aussi très facilement la même hydrogénation provoquée par la chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique et empêchement stérique. Étude de quelques heptènes.* Note de MM. **G. Vavon** et **S. Kleiner**, transmise par M. Haller.

Quand dans l'acide cinnamique on remplace les hydrogènes voisins de la double liaison par des radicaux saturés de série grasse, on obtient des corps plus dificiles à hydrogéner par le noir de platine que ne l'est l'acide cinnamique lui-même ([1]). Ces résultats sont en accord avec la théorie de l'empêchement stérique.

Nous avons cherché à vérifier si cet accord subsistait dans d'autres séries et dans ce but nous avons étudié comparativement un certain nombre de carbures éthyléniques en $C^7H^{14}$; heptène-3, diméthyl-2.4 pentène-2, éthyl-3, pentène-2, diméthyl-2.3 pentène-2.

Ces quatre carbures peuvent être envisagés comme dérivant de l'éthylène par remplacement de 2, 3 ou 4 H par 2, 3 ou 4 radicaux; ce sont en effet :

I. L'éthylpropyléthylène,

$$\begin{matrix}C^3H^7\\H\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^2H^5\\H\end{matrix}$$

II. Le diméthylisopropyléthylène,

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^3H^7\\H\end{matrix}$$

III. Le méthyldiéthyléthylène,

$$\begin{matrix}CH^3\\H\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}C^2H^5\\C^2H^5\end{matrix}$$

---

([1]) G. Vavon et A. Husson, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 989.

IV. Le triméthyléthyléthylène,

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix} C^2H^5 \\ H \end{matrix}$$

Si la théorie de l'empêchement stérique se vérifie ici, l'hydrogénation doit être d'autant plus difficile qu'il y a plus de radicaux substitués. La difficulté doit donc augmenter du carbure I aux carbures II et III et de ceux-ci au carbure IV.

*Préparation des carbures.* — Ces carbures étant déjà connus, nous ne donnerons pas ici de détails sur leur préparation. Disons seulement que nous les avons obtenus par déshydratation des alcools suivants : dipropylcarbinol, diisopropylcarbinol, triéthylcarbinol, diméthylbutyl-2-carbinol (ces alcools ayant été choisis de façon à éviter autant que possible la formation de plusieurs isomères pendant la déshydratation).

Voici les constantes physiques des carbures soumis à l'expérience :

| | Ébullition. | $d_{17}$. | $n_{D}$ 17. |
|---|---|---|---|
| I | 95°,5-96°,5 | 0,703 | 1,4045 |
| II | 96 -97 | 0,724 | 1,413 |
| III | 95 -96 | 0,725 | 1,417 |
| IV | 90 -93 | 0,730 | 1,420 |

*Méthode de comparaison.* — On mélange une molécule de carbure à une molécule d'un corps éthylénique type, on dilue dans un solvant convenable; on fixe sur le mélange une seule molécule d'hydrogène qui se partage entre les deux corps. La fraction fixée par le carbure permet de repérer la facilité d'hydrogénation de ce corps. Comme terme de comparaison nous avons employé l'α-pinène et l'acide undécylénique.

Dans le cas du pinène une simple lecture polarimétrique permet de déterminer la quantité de pinène hydrogéné et par suite celle du carbure.

Avec l'acide undécylénique la comparaison est plus laborieuse : après avoir fixé l'hydrogène, on filtre le liquide, on sépare le mélange d'acides (éthylénique et saturé) du mélange de carbures en passant par les sels de soude solubles dans l'eau. Après séparation, on titre par le brome la quantité de corps éthylénique restant dans chaque solution ; on en déduit l'hydrogène fixé sur l'acide et le carbure.

Le titrage au brome impose le choix d'un solvant qui ne soit pas attaqué par ce réactif dans les conditions du dosage; de plus il ne doit pas entraver la catalyse du platine; ces deux conditions limitent beaucoup le choix ; nous avons employé le cyclohexane et le pinane.

*Résultats obtenus.* — Voici à titre d'exemple une série de mesures faites, pour la première colonne avec le pinène dans l'acétate d'éthyle; pour le second avec l'acide undécylénique dans le cyclohexane, pour la troisième l'acide undécylénique dans le pinane.

| Carbure. | Pour 100 d'hydrogène fixé par le carbure. | | |
|---|---|---|---|
| Éthylpropyléthylène ........ | 96 | 24 | 22 |
| Méthyldiéthyléthylène ...... | 71 | 14 | » |
| Diméthylisopropyléthylène .. | 70 | 14 | 11 |
| Triméthyléthyléthylène ..... | 65 | 10 | 8 |

Afin de voir la généralité des résultats précédents, nous avons fait varier les différents facteurs dont dépend la catalyse : qualité et quantité du platine, nature du solvant, concentration. *Les nombres trouvés diffèrent d'une série à l'autre, mais le classement reste le même.*

L'introduction de radicaux au voisinage de la double liaison rend donc plus difficile l'hydrogénation du corps. Toutefois *l'empêchement stérique est moins marqué ici que dans la série des acides cinnamiques.*

*Fixation du brome.* — Nous avons cherché à voir si l'addition du brome sur les carbures était influencée par la structure dans le même sens que l'addition de l'hydrogène.

Des mesures directes de vitesse sont presque impossibles étant donnée la grande rapidité de la réaction. D'autre part des traces d'impuretés font varier cette vitesse dans de larges limites. Aussi nous avons fait, comme pour l'hydrogène, des mesures comparatives en présence d'acide undécylénique. On élimine ainsi le facteur temps et en grande partie l'action perturbatrice des impuretés.

Dans l'une des séries de mesures nous avons obtenu comme brome fixé par les quatre carbures I, II, III et IV, respectivement 46, 61, 55 et 69 pour 100.

Les expériences répétées à l'obscurité, à la lumière solaire en présence d'humidité ou de traces d'iode ont donné des résultats peu différents des précédents.

De ces nombres il résulte que la fixation du brome ne suit pas la loi de l'empêchement stérique et que l'accumulation de radicaux méthyle au voisinage de la double liaison semble faciliter la réaction.

CHIMIE AGRICOLE. — *Étude comparative de quelques méthodes d'analyse chimique de l'humus dans les sols.* Note de M. V. **Agafonoff**, présentée par M. Louis Gentil.

La proportion d'humus est une constante caractéristique des différents types de sols. Ainsi les tchernozioms (terres noires) qui s'étendent en une bande de 350$^{km}$ à 1000$^{km}$ de large, entre les 45° et 57° de latitude nord à travers l'Europe orientale et l'Asie, offrent de 4 à 16 pour 100 d'humus. Les sols chatins, qui bordent au sud la bande de tchernoziom, en contiennent seulement de 3 à 4 pour 100 (très rarement 5 pour 100) et les podzols, qui couvrent presque tout le nord de l'Europe et de l'Asie jusqu'à la zone des toundras, contiennent généralement depuis quelques dixièmes jusqu'à 3 pour 100 d'humus. D'autre part, la proportion d'humus dans un sol est un indice de fertilité : les tchernozioms sont plus fertiles que les sols chatins et les podzols moins fertiles que ces derniers.

Aussi la détermination de la proportion d'humus dans les sols est-elle capitale pour les agrogéologues et les agronomes.

La méthode de dosage la plus répandue et la plus exacte consiste à calciner le sol sur la grille à analyses organiques et à peser l'acide carbonique dégagé. Mais cette analyse est longue et délicate, elle exige près de quatre heures. Au contraire la méthode qui consiste à oxyder l'humus par un mélange de bichromate d'argent et d'acide sulfurique (méthode du professeur Simon) est accessible aux moins expérimentés et prend seulement une heure de temps [1].

Il m'a semblé utile de comparer les deux méthodes par des dosages d'humus dans des sols-types de la Russie et de la Roumanie, sols bien étudiés à divers points de vue. J'ai pu entreprendre ce travail au Laboratoire de Géographie physique de M. L. Gentil, où se trouve réunie une collection intéressante et où j'ai reçu de précieux conseils.

Pour compléter cette étude, j'ai effectué sur les mêmes sols des dosages à l'acide chromique et j'ai déterminé les indices de chlore par la méthode du professeur Lapicque.

On sait que cette dernière méthode est très simple et ne demande pas plus de 30 minutes, mais qu'elle ne donne qu'une indication qualitative sur un sol au point de vue de sa richesse en matière humique. Les déterminations d'indices de chlore

---

[1] J. Simon, *Détermination du carbone dans la terre végétale* (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1409).

dans les sols étudiés ont été faites par M[lle] Veil, à qui j'exprime ma vive reconnaissance.

J'ai consigné dans le Tableau ci-dessous les résultats de mes dosages par ces différentes méthodes [1] :

| Lieux d'origine. | I. Méthode de la grille. | | II. Méthode Simon. | | III. Dosages à l'acide chromique. | | IV. Perte au feu pour 100. | V. Indices de chlore. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Carbone pour 100. | Humus pour 100. | Carbone pour 100. | Humus pour 100. | Carbone pour 100. | Humus pour 100. | | |
| 1. Tchernoziom du Gouvern[t] de Simbirsk (Russie)........ | 5,07 | 8,75 | 5,19 | 8,94 | 5,06 | 8,72 | 15,9 | ″ |
| 2. Tchernoziom des Monts Goumberlinsky (Russie-Oural).. | 3,38 | 5,83 | 3,4 | 5,86 | 2,32 | 4 | 15,12 | 28,5 |
| 3. Tchernoziom sableux du Gouv[t] de Poltava (Russie)....... | 2,67 | 4,6 | 2,7 | 4,65 | 2,57 | 4,43 | 8,67 | 25 |
| 4. Tchernoziom chocolat de Roumanie.................. | 3,03 | 5,22 | 3,04 | 5,24 | 2,13 | 3,67 | 10,78 | ″ |
| 5. Sol de forêt du Gouv[t] d'Oufa (Russie)................ | 2,71 | 4,67 | 2,77 | 4,77 | 2,04 | 3,5 | 8,06 | 26,25 |
| 6. Sol chatin de Roumanie..... | 2,22 | 3,82 | 2,2 | 3,79 | 1,88 | 3,24 | 9,27 | 15,5 |
| 7. Sol marécageux de Nova-Alexandria (Pologne)..... | 2,04 | 3,52 | 1,98 | 3,41 | 1,7 | 2,93 | 6,41 | 15,25 |
| 8. Sol salant du Gouv[t] de Poltava (Russie)................ | 1,72 | 2,96 | 1,72 | 2,96 | 1,25 | 2,15 | 6,89 | ″ |
| 9. Podzol du Gouv[t] de Pétrograd (Russie)................ | 0,7 | 1,21 | 0,65 | 4,07 | 0,35 | 0,51 | 2,9 | 6,25 |
| 10. Sol sableux du Gouv[t] de Poltava (Russie)............ | 0,15 | 0,25 | 0,16 | 0,28 | 0,12 | 0,20 | 0,38 | 2,5 |

Nous voyons d'après ce Tableau que :

1° Les pourcentages de carbone dosé par la méthode de calcination et par la méthode du professeur Simon sont très voisins, presque toujours ils ne diffèrent que par le chiffre de la deuxième décimale. La méthode du professeur Simon indique donc suffisamment la caractéristique des divers sols au point de vue de l'acide humique.

2° Les nombres obtenus par le traitement à l'acide chromique et l'acide sulfurique sont beaucoup plus faibles que les nombres précédents. Ce résultat était à prévoir d'après certains travaux et surtout le récent travail du

---

(1) J'ai indiqué dans les trois premières colonnes les chiffres que j'ai obtenus par les méthodes de la grille (I), du professeur Simon (II), de l'acide chromique (III); la proportion d'humus est déduite de celle du carbone dosé par le calcul, en multipliant le pourcentage de carbone par le rapport $\frac{100}{58}$.

professeur Simon qui a démontré que ce mélange oxydant n'attaque pas certains corps organiques et parmi eux certains composés humiques des sols.

On voit aussi, d'après ce Tableau, qu'il n'existe presque pas de ces combinaisons humiques non oxydables par le procédé de l'acide chromique, dans deux tchernozioms typiques (nos 1 et 3); tandis qu'il y en a plus de 1 pour 100 dans le tchernoziom phosphaté des monts Goumberlinsky (no 2) et dans le tchernoziom chocolat de Roumanie (no 4). Dans les autres sols étudiés on trouve des dixièmes pour 100 de ces combinaisons humiques (à l'exception bien compréhensible du sol sableux no 10).

Il résulte de ces dosages que la méthode d'analyse d'humus du professeur Simon peut bien remplacer la méthode par calcination, plus longue et plus pénible. Si l'on applique parallèlement sur un même sol la méthode Simon et celle de l'oxydation par l'acide chromique et l'acide sulfurique, on peut se faire une idée sur la nature chimique de l'humus du sol analysé. Quant aux indices de chlore ils correspondent qualitativement aux chiffres obtenus par les méthodes plus exactes (calcination et méthode Simon). Les sols plus riches en humus ont des indices de chlore plus élevés. On peut même penser que ces indices peuvent donner quelques indications approximatives sur la quantité d'humus contenue dans un sol.

BOTANIQUE. — *Anomalies du fruit de* Capsella Bursa-pastoris, *provoquées par la salure.* Note [1] de M. **Pierre Lesage**, transmise par M. Guignard.

Depuis 1920 je relève, autant que possible, le nombre des fruits anormaux, à 3 ailes et à 4 ailes, dans mes cultures de *Lepidium sativum*. Ces fruits anormaux se trouvent sur les plantes salées et surtout sur les plantes salées provenant de graines formées sur des plantes salées.

C'est ce qui m'a amené à dire, à la fin de la campagne de 1922, que la salure n'est pas étrangère à la production de cette anomalie [2].

Cette année, j'ai voulu chercher à m'en assurer sur d'autres Crucifères et, en particulier, sur le *Capsella Bursa-pastoris* dont dérive le *Capsella Viguieri*

---

[1] Séance du 30 juillet 1923.

[2] Pierre Lesage, *Sur les fruits anormaux et l'entraînement à la salure dans le* Lepidium sativum (*Rev. gén. de Bot.*, t. 35, mai 1923, p. 211).

(Blaringhem) qui, précisément, a comme caractère principal de présenter une très grande majorité de fruits à 4 valves [1].

Pour cela, j'ai semé de très nombreuses graines de *Capsella Bursa-pastoris* sur de la terre assez fortement salée avec du chlorure de sodium. Ces graines provenaient de pieds qui poussent un peu partout dans le Jardin des Plantes de Rennes, mais qui, à aucun moment, ne m'ont présenté de fruits anormaux à 3 ou 4 ailes, bien que j'en aie passé en revue un nombre considérable.

Quelques graines seulement ont bien germé et ont donné des pieds qui me paraissent bien portants et fructifient en ce moment.

Une observation attentive de ces pieds m'a fait trouver, en outre des fruits normaux, quelques fruits anormaux à 3 et même à 4 ailes. Cette dernière forme anormale pourrait être représentée par le dessin (*a*) que Blaringhem donne du fruit de *Capsella Viguieri* [2].

Voilà donc une deuxième Crucifère dans laquelle je trouve que la salure provoque la formation de fruits anormaux à 3 et à 4 ailes.

Il me paraît inutile d'insister en ce moment sur l'intérêt qui s'attache à la connaissance de ces faits qui, joints à d'autres, ne peuvent manquer de jeter quelque lumière dans la discussion des théories sur les mutations et sur l'hérédité.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Contrôle biologique de l'influence des engrais; détermination des périodes sensibles.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Les essais sont faits au Laboratoire de Physique végétale de Bellevue (S.-et-O.) dans des pots comparables d'une terre drainée, pauvre, homogène, à laquelle on a ajouté, ou non, du calcaire Ca et des doses d'acide phosphorique P, de potasse K, d'azote N, dont l'ensemble correspond à une formule d'engrais complet. Les semis d'Orge, de Lin, de Pavot m'ont donné l'occasion d'appliquer des méthodes de comparaison d'ordre biologique, qui me paraissent traduire, plus exactement que les poids des récoltes, les réactions des lignées aux diverses fumures. En 1923, l'influence de N fut très marquée et même aberrante; *les procédés de*

(1) L. Blaringhem, *Les transformations brusques des êtres vivants*, 1911, p. 127.
(2) *Loc. cit.*, p. 126.

*contrôle qui mettent en valeur l'état des plantes à la floraison sont d'une sensibilité remarquable.*

*Tableau de l'influence des fumures* (1) *sur les caractéristiques biologiques.*

| Témoins (T) et fumures.... | $T_1$. | $T_2$. | $T_3$. | N. | K. | P. | Ca. | NK. | NP. | NCa. | KP. | PCa. | KCa. | $\frac{KP}{Ca}$. | $\frac{NK}{P}$. | $\frac{NK}{Ca}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1° *Orge Comtesse :* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Densité des épis.......... | 38 | 37 | 38 | 42 | 38 | 36 | 40 | 40 | 36 | 43 | 36 | 40 | 37 | 36 | 42 | 38 |
| $\frac{l}{L} = \frac{\text{entre-nœud 1}}{\text{hauteur}}$.......... | 3,2 | 3,3 | 3,1 | 5,8 | 3,3 | 3,1 | 3,2 | 11 | 6,2 | 5,6 | 3,5 | 3,1 | 3,9 | 3,5 | 8 | 10 |
| 2° *Lin Kowno :* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hauteur des tiges......... | 60 | 55 | 60 | 53 | 56 | 55 | 48 | 45 | 51 | 46 | 56 | 57 | 49 | 51 | 51 | 41 |
| *Densité foliaire*.......... | 11 | 12 | 12 | 23 | 16 | 11 | 15 | 23 | 22 | 24 | 14 | 14 | 15 | 12 | 20 | 24 |
| 3° *Pavot Œillette :* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capsules à 5-6 stigmates.... | 11 | 2 | 3 | " | 6 | 6 | 2 | 1 | " | 1 | 5 | 8 | 3 | 5 | " | 1 |
| » 7-8 » .. | 14 | 14 | 16 | 6 | 18 | 17 | 16 | 12 | 3 | 7 | 13 | 11 | 17 | 23 | " | 8 |
| » 9-10 » .. | 1 | 7 | 4 | 14 | 2 | 1 | 5 | 8 | 19 | 13 | 6 | 2 | 2 | 1 | 17 | 12 |
| » 11-12 » .. | " | " | " | 2 | " | " | " | 2 | 2 | 3 | 3 | " | " | " | 10 | 2 |
| Total.................... | 26 | 23 | 23 | 22 | 26 | 24 | 23 | 23 | 24 | 24 | 27 | 21 | 22 | 29 | 27 | 23 |

1° *Orge Comtesse;* pédigrée très uniforme, contrôlée depuis 1902, issue d'un seul grain. — Le 19 avril, on éclaircit les semis et laisse 36 plantes d'égale force par pots; les lots ne diffèrent que par la teinte verte et la tendance au tallage. Fin mai, les lots à N se distinguent nettement des autres; à l'épiage, ils montrent un retard constant et presque uniforme dans la sortie des barbes et, à cause de la forte chaleur brusque, sont seuls à présenter la dessiccation prématurée caractéristique de l'*échaudage*. Cette altération pourrait être évaluée par la variation de la moyenne de la hauteur des chaumes, ou de l'épaisseur ou du poids des grains. *Le rapport de la longueur du dernier entre-nœud* (sous l'épi) *à celle du chaume correspondant* fournit l'expression la plus correcte du *degré de l'échaudage;* l'addition de N double, celle de N et de K triple les valeurs fournies par les témoins; P et Ca atténuent les valeurs (Tableau I). On peut en déduire aussi que la densité des épis et le nombre des grains par épis, qui varient peu, sont fixés de bonne heure et, pour cette raison, peu altérés, tandis que l'allongement du dernier entre-nœud, tardif, est modifié à l'extrême.

2° *Lin Kowno*; sorte homogène cultivée et contrôlée en 1921 et 1922 à Bellevue. — A cause du semis tardif, la levée fut très régulière; les lots à N sont d'un vert plus sombre, leurs feuilles sont plus larges; à la floraison, la différence est accentuée par

(1) *Doses.* — Ca, 10 pour 100 de blanc de Meudon pulvérisé. Pour les engrais, ramenés à l'hectare ou à 3000 tonnes de terre : P($= P^2O^5$, 200$^{kg}$), K($= K^2O$, 125$^{kg}$), N(azote, 100$^{kg}$ à l'état $SO^4Am^2$). Le mélange fut préparé et mis en place fin janvier; les semis eurent lieu le 20 mars (Orge et Pavot) et le 9 avril (Lin).

un retard des N de deux semaines dans l'épanouissement de la première fleur, par l'enroulement des feuilles persistantes, par l'épaississement des tiges; chez les témoins et les lots sans N, dès la floraison terminée, les feuilles jaunies tombent progressivement de la base vers le sommet et les pédoncules se dressent, même lorsque les fruits avortent. La plupart des fleurs des lots à N se dessèchent sans nouer, bien que le pollen soit normal, et l'ensemble de la grappe tombe sur le côté, et les feuilles brunissent, puis meurent sans se détacher. Je constate, au microscope, que *les lins à* N *sont dépourvus de fibres;* ou plutôt, les cellules allongées qui devraient évoluer en fibres forment des paquets d'éléments dissociés et à parois minces, sans résistance. En coupe transversale, les fibres des Lins sans N ont 10-16 $\mu$ sur 6-8 $\mu$ et une épaisseur de membrane de 2,5 à 3 $\mu$, ne laissant qu'une lacune centrale très petite; les cellules correspondantes des Lins à N ont 12-20 $\mu$ sur 7-12 $\mu$ et au plus une épaisseur de membrane de 1 $\mu$, laissant une large lacune centrale. Or l'altération est peu sensible, à peine du quart, lorsqu'on limite l'examen au poids de la paille sèche, qui est l'évaluation habituelle du rendement; la longueur des tiges ne la met pas clairement en valeur; par contre, la *densité foliaire* (mesure du rapprochement des feuilles) *de la portion moyenne des tiges*, qui se fixe précisément à l'époque de la floraison, *en donne une excellente mesure. L'addition* CaKN *donne des densités foliaires doubles des témoins.* N seul est très actif; K, puis Ca accentuent son influence.

3° *Pavot Œillette.* — Les nombres des rayons, ou stigmates, des capsules terminales, qui sont esquissés dans la très jeune fleur de la plante encore à l'état de rosette, traduisent plus correctement que les tailles des tiges, ou les poids des capsules, ou les poids des graines, l'influence immédiate des fumures sur la croissance. La moyenne de ces nombres, pour les lots sans N, est 7 à 8, pour les lots à N, au moins 9 et souvent 10; l'influence de Ca est à peine sensible, celle de K intermédiaire.

Ces exemples montrent l'intérêt : 1° *du choix de quelques caractères sensibles* pour l'examen de l'influence comparée des engrais; 2° *de la décomposition des réactions en périodes*, rosette, floraison, maturation. *Le maximum de précision du contrôle biologique ne peut être obtenu qu'avec des lignées pures.*

ENTOMOLOGIE. — *Sur la composition chimique des nids de l'*Apicotermes occultus *Silv.* Note (1) de M. **Robert Stumper**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les nids de l'*Apicotermes occultus*, termite congolais, comptent parmi les merveilles de l'architecture animale. En effet, ils sont construits avec une science et un art si consommés que l'on serait tenté d'attribuer à ces insectes des connaissances de géométrie, de dynamique et de résistance des matériaux.

(1) Séance du 23 juillet 1923.

Comme ces habitations ne sont connues que depuis 1918, nous rappelons sommairement leur structure : les nids sont souterrains et se présentent sous forme sphérique ou ovoïde. L'intérieur n'est qu'un système d'étages dont l'élégante régularité frappe d'abord; les étages communiquent entre eux et se trouvent soutenus par de nombreux piliers disposés en quinconce. Ce qu'il y a de plus frappant, c'est la paroi extérieure de la sphère; elle a environ $1^{cm}$ d'épaisseur et est parcourue de bas en haut par un canal en spirale qui communique par des pores équidistants avec l'extérieur et par des canalicules avec l'intérieur.

A chaque étage aboutit ainsi, sur tout le pourtour, un grand nombre de petites fentes, orifices des canalicules, disposées en quinconce avec les pores reliant le canal avec l'extérieur. Ce canal est beaucoup trop petit pour permettre le passage des termites; il faut donc se demander sa raison d'être. Desneux ([1]) et Reichensperger ([2]) lui attribuent un *rôle de ventilation*, l'air entrant par les pores dans le canal en spirale et se rendant de celui-ci par les petits canaux aux étages d'habitation.

Nous avons eu l'occasion d'étudier la composition chimique de ces fameux nids et nous allons résumer les résultats obtenus. Les fragments de nids examinés proviennent du Congo belge, où un lot assez important de ces nids a été trouvé par le naturaliste luxembourgeois L. Luja. Les nids se trouvaient enfouis dans un sol sablonneux à une profondeur de $80\text{-}60^{cm}$.

La couleur des nids est brun noirâtre, ce qui indique la présence d'un mastic organique composé probablement d'excrétions et de sécrétions de ces insectes xylophages. L'analyse qualitative révèle la présence de matières organiques ainsi que des composés suivants : silice, chaux, alumine, fer, magnésie, métaux alcalins, sulfates.

La matière des nids est insoluble dans l'eau; sous l'influence des acides, la partie minérale se dissout partiellement, tandis que les matières organiques restent inattaquées; ces dernières sont dissoutes en grande partie par les alcalis KOH, NaOH et $NH^4OH$, avec formation d'un liquide fortement coloré en brun foncé; les acides précipitent de ce liquide des matières humiques floconneuses, ce qui prouve l'origine végétale du mastic organique des nids.

Nous avons fait l'analyse quantitative de trois échantillons différents de nids et nous avons résumé les résultats dans le Tableau I.

---

([1]) Desneux, *Rev. zool. afr.*, 1918.

([2]) Reichensperger, *Bull. natur. luxemb.*, 1923.

Tableau I.

| | Échantillons 1. | 2. | 3. |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Humidité | 2,77 | 2,69 | 2,83 |
| Matières organiques | 14,31 | 15,14 | 15,35 |
| Résidu minéral | 82,92 | 81,17 | 81,82 |
| Ce dernier : | | | |
| Silice (sable fin) | 73,27 | 73,44 | 74,63 |
| $Fe^2O^3 + Al^2O^3$ | 4,30 | 3,80 | 4,10 |
| CaO | 0,75 | 1,00 | 0,88 |
| $SO^3$ | 1,07 | 1,42 | 1,25 |
| $MgO + Na^2O + K^2O$ | 3,53 | 1,51 | 0,95 |

Il résulte de ces analyses que l'*Apicotermes* construit ses nids avec du sable dont il forme une masse homogène à l'aide de ses excrétions.

Un premier point sur lequel il faut insister est l'uniformité et la petitesse des grains de sables, ce qui prouve bien que les ouvriers sélectionnent judicieusement leur matériel de construction. Mais ce qui frappe avant tout, c'est la constance des proportions des matières organiques et du résidu siliceux. Afin de vérifier ce point nous avons fait trois nouvelles analyses dont les résultats sont consignés avec les précédents dans le Tableau II.

Tableau II.

| | Échantillons 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Humidité | 2,77 | 2,69 | 2,83 | 2,70 | 2,59 | 2,61 |
| Matières organiques | 14,31 | 15,14 | 15,35 | 15,65 | 15,38 | 15,16 |
| Résidu minéral | 82,92 | 81,17 | 81,82 | 81,65 | 82,03 | 82,23 |
| Rapport $\frac{\text{Résidu minéral}}{\text{Matières organiques}}$ | 5,79 | 5,38 | 5,25 | 5,21 | 5,39 | 5,43 |

On se rend aisément compte que les teneurs en matières organiques et en résidu minéral ne varient que dans des limites très étroites, ce qui dénote l'existence d'un instinct chimique de nidification remarquablement précis chez l'*Apicotermes* : pour construire ses nids ce termite prend invariablement 1 partie de mastic organique (excrétion d'origine végétale) pour 5,2 à 5,8 parties de matières minérales empruntées au sol environnant et sélectionnées convenablement. Le rôle du canal ventilateur nous semble maintenant plus clair : d'une part ce canal apporte l'air pour oxyder et durcir les parties du nid fraîchement construites, et d'autre part il remplace l'air de l'intérieur du nid intoxiqué par la respiration de ses nombreux habitants.

HISTOLOGIE. — *Sur l'origine des cellules interstitielles dans le testicule du Coq domestique.* Note (¹) de M. J. Benoit, présentée par M. Roux.

On admet généralement que les cellules interstitielles du testicule naissent aux dépens d'éléments conjonctifs. Firket (²) a décrit, chez le poulet, leur formation aux dépens des éléments mésenchymateux qui entourent les cordons sexuels. J'ai moi-même, dans le même objet, décrit que les cellules mésenchymateuses prennent les caractères de cellules glandulaires (³). Mais depuis longtemps déjà certains auteurs (Messing, Minot, Mussbaum, etc.) avaient émis l'idée que les cellules interstitielles seraient des restes de cordons sexuels embryonnaires qui n'auraient pas formé de tubes séminifères. En ce qui concerne les Oiseaux, Loisel a admis que chez le Poulet, le Pigeon et le Moineau, cellules interstitielles et cellules sexuelles ont même origine. Nonidez a montré dernièrement (⁴), chez le Coq de la race Sebright, que certaines cellules des cordons sexuels se transforment en cellules interstitielles. Dans le but d'apporter quelque clarté dans cette question controversée de l'origine des cellules interstitielles, j'ai étudié, à des stades très précoces, le développement du testicule chez le Poulet, et cette recherche m'a amené à modifier l'opinion que j'avais précédemment émise.

J'ai spécialement étudié le Leghorn Doré, et prélevé quelques testicules chez d'autres races de Coqs.

Au 15ᵉ jour de l'incubation les cordons sexuels sont plongés dans un tissu mésenchymateux indifférencié. De place en place on rencontre, dans ce tissu, des amas bien délimités de deux, quatre cellules ou davantage, dont le protoplasme vacuolaire est chargé de graisse osmiophile. L'examen successif de coupes sériées montre que ces amas sont tantôt isolés dans le tissu conjonctif ambiant, tantôt se continuent avec un cordon sexuel. D'autre part ces amas de cellules chargées de graisse et isolées dans le tissu conjonctif peuvent contenir des cellules sexuelles intactes; enfin, de place en place, dans les cordons sexuels, on trouve une ou plusieurs cellules identiques à celles qui sont situées dans le tissu conjonctif. On observe, en un mot, tout une série d'images qui suggèrent l'idée que ces cellules interstitielles chargées de graisse proviennent des cordons sexuels. L'examen attentif de nombreuses coupes sériées, et provenant de testicules prélevés vers la fin de l'incubation, transforment cette idée en certitude. Voici, en raccourci, comment se déroule ce processus :

---

(¹) Séance du 30 juillet 1923.

(²) *Archives de Biologie*, 1919-1920, p. 395.

(³) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1922, p. 1382.

(⁴) *The American Journal of Anatomy*, 1922, p. 109.

Une ou plusieurs petites cellules épithéliales ([1]) d'un cordon sexuel, absolument normal par ailleurs, subissent les transformations cytologiques suivantes : leurs chondriosomes deviennent plus longs, plus volumineux et plus nombreux; le noyau devient plus colorable, et le protoplasme élabore une graisse très labile, qui remplit bientôt toute la cellule. Ce processus affecte, pendant les premiers stades, un nombre considérable de cellules : Il y a une sorte de transformation massive d'un segment de cordon sexuel. Plus tard, seules les cellules qui auront subi cette transformation sortiront du tube. Un segment de cordon sexuel s'est donc transformé et chargé de graisse. Il est encore entouré par une membrane propre et par une couche de cellules conjonctives. Ces deux parois disparaissent progressivement, et les cellules transformées sont libérées dans le tissu conjonctif où on les trouve souvent en contact intime avec un capillaire sanguin. Leur nouvelle situation leur impose une forme spéciale. Lorsqu'elles restent groupées elles conservent leur forme polygonale et leur aspect épithéloïde. Lorsque au contraire elles se trouvent isolées dans le tissu conjonctif, elles peuvent prendre l'aspect étoilé des cellules conjonctives. Leur structure cytologique se modifie peu : les alvéoles perdent de leur régularité, diminuent de nombre, augmentent de volume, et le chondriome, constitué par des chondriocontes et surtout par des mitochondries, persiste sur les travées intervacuolaires. Telle est la structure que conservera la cellule interstitielle glandulaire, à de légères variations près, pendant toute la période impubère du testicule. Je n'ai jamais observé la dégénérescence ni la disparition de ces cellules glandulaires originaires des cordons sexuels.

Cette transformation des petites cellules épithéliales en cellules interstitielles s'observe à partir du dixième jour de l'incubation et s'atténue progressivement au cours de la première semaine après l'éclosion. Mais toutes les cellules interstitielles glandulaires, abondantes dans le testicule du jeune Poulet, dérivent-elles des cordons sexuels ? Il est difficile d'affirmer qu'aucune cellule mésenchymateuse ne subit les mêmes modifications cytologiques, car bien souvent les îlots de cellules lipogènes provenant des petites cellules épithéliales se dissocient au point de présenter, quant à la forme de leurs cellules, l'aspect réticulé d'un tissu mésenchymateux. J'ai cependant l'impression, après avoir examiné un grand nombre d'organes, que les cellules conjonctives, si elles présentent parfois quelques vacuoles de graisse, ne poussent pas plus loin leur différenciation, et qu'elles reprennent ensuite

---

([1]) Je n'oserais pas affirmer que jamais les grandes cellules germinatives ne subissent les transformations décrites, mais je n'en ai jamais observé de cas bien nets.

leur aspect de cellules conjonctives banales; ce qui est certain, c'est que chez le Poulet de 8 jours et plus le tissu intertubulaire est constitué par des cellules conjonctives indifférenciées et par des cellules interstitielles glandulaires qui ont le même aspect que celles que nous avons vu se constituer aux dépens des tubes, pendant la fin de l'incubation.

Ce processus est-il général? J'ai étudié des testicules de races diverses de Coqs : Leghorn doré, Leghorn blanc, Faverolles, Houdan, Bantam noir, et j'ai observé dans tous des petites cellules sexuelles en train de subir la transformation susdite. D'autre part, Nonidez a décrit ce phénomène chez les races Sebright et Rhode island. La transformation des petites cellules sexuelles en cellules interstitielles a donc été observée chez toutes les races de Coqs étudiées à ce point de vue. Et je répète que, pour Loisel, chez le Poulet, le Pigeon et le Moineau, les cellules interstitielles et les cellules sexuelles ont même origine.

Si nous nous en tenons à ces quelques données, nous entrevoyons donc que ce processus serait, chez les Oiseaux, assez général. Il appartiendra à des recherches ultérieures de décider si, chez tous les Oiseaux, toutes les cellules interstitielles tirent leur origine des petites cellules épithéliales.

*Conclusion.* — Les cellules interstitielles du Coq se constituent, pendant la deuxième moitié de l'incubation, et pendant les quelques jours qui suivent l'éclosion, aux dépens des petites cellules épithéliales des cordons sexuels. Ces dernières se chargent de graisse, et émigrent dans le tissu conjonctif. Il ne m'est pas possible actuellement d'affirmer que les cellules mésenchymateuses ne prennent pas part à la formation des cellules interstitielles glandulaires. J'incline cependant à penser, jusqu'à plus ample informé, que toutes les cellules interstitielles, chez l'embryon et le jeune Poussin de quelques jours, se forment uniquement aux dépens des petites cellules épithéliales. Ce phénomène ne serait pas une dégénérescence, mais une véritable métaplasie.

MICROBIOLOGIE. — *Réactions irrégulières au filtrat de bouillon de culture chez les chèvres infectées de* Micrococcus melitensis. Note de M. **Et. Burnet**, présentée par M. Roux.

Si l'infection par le *Micrococcus melitensis* rendait la chèvre aussi sensible que l'homme à l'inoculation d'une faible quantité de filtrat (mélitine), cette réaction, plus rapide, plus sûre et surtout plus commode que la recherche du pouvoir agglutinant, fournirait le moyen le plus pratique de reconnaître les chèvres infectées et de soustraire leur lait à la consommation.

Quand on sait avec quelle sensibilité et quelle régularité réagissent le cobaye et surtout l'homme, on ne peut qu'être frappé de l'irrégularité des réactions qu'on observe chez la chèvre.

Nous avons recherché la réaction chez la chèvre de deux manières, en des régions propres à manifester le phénomène le plus important et en même temps le plus facile à percevoir chez l'animal : l'œdème.

Nous inoculions le filtrat, soit dans le derme, près du bord libre de la paupière supérieure; soit sous la peau du lobe de tissu lâche qui se trouve immédiatement au-dessous de l'implantation de l'oreille (on sait que chez l'homme atteint de fièvre ondulante l'inoculation de $0^{cm^3},5$ de filtrat détermine un œdème massif de la région).

Il y a des chèvres qui réagissent. Cinq heures environ après l'inoculation à la paupière apparaît un œdème, du volume d'une noix, qui peut se communiquer à la paupière inférieure et causer l'occlusion de la fente palpébrale. A la suite de l'inoculation sous l'oreille, le lobe sous-oriculaire gonfle, et l'œdème y laisse après lui une induration. Les inoculations de contrôle, faites avec du bouillon peptoné ordinaire, ne produisent rien ou presque rien.

La réaction se montre même quelquefois plus forte qu'on ne voudrait : nous avons vu, après l'inoculation sous l'oreille, l'œdème envahir tout le cornet, qui restait pendant deux ou trois jours tuméfié et très chaud, tandis que la sécrétion lactée était suspendue et ne reprenait qu'après un intervalle de plusieurs jours.

Mais souvent la réaction est faible, douteuse, difficile à percevoir, à peine plus marquée que celle de l'inoculation de contrôle, dépourvue de cette évidence qu'on doit exiger d'une épreuve destinée à la pratique courante.

De plus, il y a des chèvres qui donnent une belle réaction, alors que les autres épreuves (ensemencements du sang et du lait, agglutination), plusieurs fois répétées, sont toujours négatives ; et surtout *il arrive que des chèvres certainement infectées* (hémoculture, lactoculture, agglutination positives) *ne réagissent pas du tout.*

Nous ne nous sommes pas borné à rechercher la réaction chez une cinquantaine de chèvres observées individuellement de près et soumises à toutes les épreuves bactériologiques ; nous plaçant dans les conditions de la pratique, nous avons examiné par le procédé le plus simple (inoculation de $1^{cm^3}$ de filtrat en dessous de l'oreille) 23 troupeaux comprenant 645 chèvres. Une prise de sang était faite au même moment pour la recherche du pouvoir agglutinant.

Globalement, 13 pour 100 des chèvres ont réagi au filtrat, et 5,7 pour 100 ont donné un sérum agglutinant. Mais ici les résultats globaux n'ont pas de sens; ce qui importe, c'est qu'ils se classent en trois catégories :

1° Il y a des chèvres qui donnent simultanément les deux réactions (2,5 pour 100); 2° Il y a des chèvres qui réagissent au filtrat sans manifester de pouvoir agglutinant (9,5 pour 100); 3° *Il y a des chèvres qui agglutinent sans réagir au filtrat* (3,3 pour 100).

Il y a donc souvent discordance entre les deux épreuves.

A la rigueur on peut ne pas insister sur les cas où il a réaction au filtrat chez les chèvres dont l'infection n'a pu être prouvée : nous savons que chez la chèvre tout particulièrement la preuve de l'infection est souvent difficile à établir.

Le cas des chèvres qui réagissent au filtrat sans manifester de pouvoir agglutinant n'est pas non plus extrêmement embarrassant : on sait que chez l'homme 15 à 20 pour 100 des sujets atteints de fièvre ondulante donnent une intradermo-réaction positive, alors que le pouvoir agglutinant fait défaut : la réaction au filtrat a plus d'extension que la réaction agglutinante.

Mais que penser des cas nombreux où la réaction au filtrat est négative alors que l'agglutination est positive? et des cas où, l'infection étant prouvée par l'isolement du microbe, la réaction au filtrat est nulle?

Les singes inférieurs infectés de *Melitensis* ne réagissent pas au filtrat inoculé dans la peau; et l'on sait que, tuberculeux, ils ne donnent pas la cuti-réaction à la tuberculine. Le cas de la chèvre n'est pas exactement celui des singes inférieurs; on ne peut pas dire qu'elle soit insensible au filtrat; la réaction existe chez la chèvre, mais elle est irrégulière.

En somme, dans l'état actuel de nos connaissances, la réaction au filtrat ne peut pas entrer dans la pratique pour le diagnostic de l'infection à *Melitensis* chez la chèvre.

D'autre part, la chèvre qui reçoit une dose convenable de filtrat réagit par une élévation de température. Nous cherchons maintenant à tirer de cette réaction thermique un procédé de diagnostic, qui ne pourra d'ailleurs être d'une application aussi simple et courante qu'une réaction cutanée.

La séance est levée à $15^h40^m$.

A. Lx.